

熱浸鍍鋅

題 題 題

2022/10

NO.79

<http://www.galtw.org.tw>



中華民國熱浸鍍鋅防蝕技術研究基金會
Galvanizers Foundation of R.O.C.

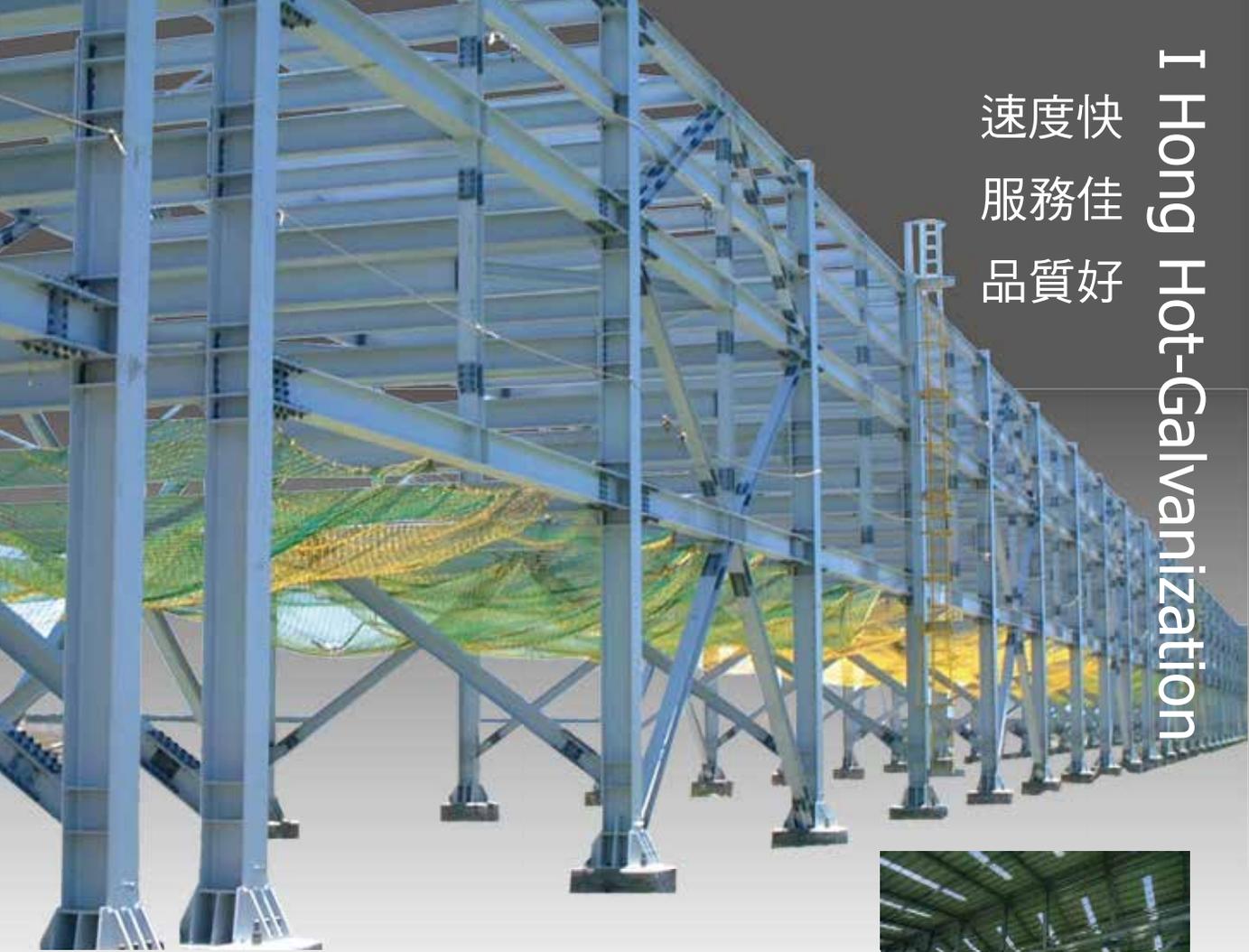
中華民國熱浸鍍鋅協會
Galvanizing Association of Taiwan

■ 鋼橋、廠房等鋼鐵結構物的最佳防蝕方法

創造熱浸鍍鋅文化 · 維護台灣有限資源



速度快
服務佳
品質好



- 鍍鋅爐：長17M×寬1.8M×高3.2M
- 最大鍍鋅構件：30噸
- 最大產能：每月8000噸以上
- 廠區面積：8000坪
- LRQA ISO 9000 · ISO 14001 · OHSAS 18001 認證通過
- 台電 · 中船 · 中鋼 · 中油 · 鐵路局
- 台塑審定合格



服務項目

鑄造鍛造 · 型鋼鐵材 · 鋼管鋼材
養殖農畜 · 鋼架結構 · 公路護欄
電力電訊



易宏熱鍍鋅工業股份有限公司
I Hong Hot-Galvanization Industrial Co., Ltd.

高雄市大寮區大發工業區大有三街15號
No. 15, Dayou 3rd St., Da-Fa Industrial Park, Kaohsiung County
TEL : 886-7-7873377
FAX : 886-7-7873380
E-mail : ihong@ms19.hinet.net

INDEX

- 1 **第一單元** ▶ 生產技術及防蝕技術專題：
 - ◎ 熱浸鍍鋅對高强度鋼筋混凝土握裹行為之探討
 - ◎ 鋅的未來趨勢
- 29 **第二單元** ▶ 工程實績介紹：
 - ◎ 長春彰濱二廠EHP雙氧水廠房鋼構熱浸鋅工程
- 42 **第三單元** ▶ 2022年1~6月生產統計
- 43 **第四單元** ▶ 本會認證熱浸鍍鋅廠合格廠商
- 44 **第五單元** ▶ 熱浸鍍鋅加工建議價格表
- 45 **第六單元** ▶ 熱浸鍍鋅結構物設計要點
- 46 **第七單元** ▶ 中華民國熱浸鍍鋅協會簡介及
中華民國熱浸鍍鋅防蝕技術研究基金會簡介

2022/10

NO.79



長春彰濱二廠EHP雙氧水廠房鋼構熱浸鋅工程

工程名稱：長春彰濱二廠EHP雙氧水廠房鋼構熱浸鋅工程
業主：長春石油化學股份有限公司
設計單位：得藝實業有限公司
營造廠商：杉鴻營造有限公司
鋼構工程：壯捷工程有限公司
熱浸鋅廠商：慧鋼企業股份有限公司
熱鋅鋼構總量：約1,667公噸
熱鋅鋼構金額：約1.8億元
動工日期：110年 2月
竣工日期：110年10月

廣告索引

- 封底 ▶ 力鋼
- 封面裡 ▶ 易宏
- 封底裡 ▶ 盟雅
- 46頁 ▶ 鋼結構協會
- 47頁 ▶ 現代營建雜誌社
- 48頁 ▶ 前鋒日報社
- 49頁 ▶ 亨欣
- 50頁 ▶ 臺鍍
- 51頁 ▶ 慧鋼

鍍鋅雜誌滿意調查表



您的寶貴意見是我們將內容更完善的原動力！
(請掃描進入填寫，感謝您的支持！)

發行者 ■ 財團法人中華民國熱浸鍍鋅防蝕技術研究基金會
協辦單位 ■ 中華民國熱浸鍍鋅協會
發行人 ■ 魏豐義
社長 ■ 戴晉平
主編 ■ 黃勝俊
副主編 ■ 王和源
編輯委員 ■ 張六文、鄭錦榮、羅俊雄、陳鴻興、黃慶輝
何芳元、鄭明智、蔡明達
助理 ■ 賴淑娟
會址 ■ 806026高雄市前鎮區一心二路33號11樓B2室
電話 ■ (07)3320958~9
傳真 ■ (07)3320960
網址 ■ <http://www.galtw.org.tw>
電子信箱 ■ galvanat@ms63.hinet.net
印刷設計 ■ 達利金廣告設計有限公司 0939784123



熱浸鍍鋅對高強度鋼筋混凝土握裹行為之探討

林庚達¹、王和源^{*2}、蔡秉誠³

¹ 國立高雄大學土木與環境工程學系 兼任助理教授

² 國立高雄科技大學土木工程學系 特聘教授

³ 國立高雄科技大學土木工程學系 碩士

摘要

本研究以材料規格 SD 490W 及 SD 550W 之高強度鋼筋，尺寸號數為 #8(D25) 及 #10(D32) 之鋼筋，於表面進行不同附著量鍍鋅處理後，搭配混凝土配合設計強度為 $f'_c=57\text{MPa}(560\text{ kgf/cm}^2)$ 高強度混凝土澆置養護後，探討不同熱浸鍍鋅附著量之高強度鋼筋於 7、28 及 91 天之混凝土養護齡期下，進行現地鋼筋拉拔試驗，藉以了解混凝土強度的發展與不同鋼筋號數及鍍鋅附著量對鋼筋握裹應力之影響。此外，藉由製作混凝土圓柱試體，探討高強度混凝土新拌、硬固之工程性質。研究結果顯示，以 ASTM E488 進行鋼筋拉拔試驗，當鋼筋表面鍍鋅量增加時，高強度鋼筋混凝土之握裹強度呈現微幅提升，其中 SD490W 及 SD550W 材質之 #8 鋼筋於齡期 28 天時的握裹強度提升幅度分別為 5.29% 及 5.06%，故鍍鋅附著量對鋼筋握裹應力差異不大。此外，隨著混凝土齡期發展，鋼筋握裹強度隨著混凝土強度提高而增加。而高強度混凝土之硬固工程性質試驗結果顯示，養護齡期 28 及 91 天之混凝土平均之抗壓強度分別為 58.3 及 68.3 MPa，劈裂強度分別為 43.7 及 56.1 MPa，反彈錘反彈數 (Rebound Number) R 值分別為 46 及 54，超音波波速分別為 4,691 及 5,768 m/s，顯示混凝土硬固性質皆隨著齡期的增加而提高。

關鍵字：熱浸鍍鋅、高強度鋼筋、高強度混凝土、拉拔試驗、握裹強度。

ABSTRACT

In this study, the material specifications SD490W and SD550W high-strength steel rebars whose size is #8 (D25) and #10 (D32) galvanized on the surface with different thickness (coating mass). The 57 MPa high-strength concrete is poured and cured to investigate the high-strength steel bars with different hot-dip galvanized thickness under the concrete curing ages of 7, 28, and 91 days, and conduct on-site steel pull-out tests to understand the concrete. The development of strength and the influence of different steel bar numbers and zinc thickness on the bonding stress of steel bars. In addition, by making concrete cylindrical specimens, the engineering properties of freshly mixed and hardened high-strength concrete are explored. The results of the study showed that the steel bar pull-out test conducted by ASTM E488 shows that the bond strength of high-strength reinforced concrete increases slightly when the amount of zinc coating on the surface of the steel bar increases. Among them, the #8 steel bar made of SD490W and SD550W is 28 days old. The increase in the bond strength of the steel is 5.29% and 5.06%, so the zinc coating thickness has little difference in the bond stress of the steel bar. In addition, as the age of concrete develops, the bond strength of steel bars increases as the strength of concrete increases. The test results of the hardening engineering properties of high-strength concrete show that the average compressive strength of the concrete with curing ages of 28 and 91 days is 58.3 and 68.3 MPa, and the splitting strength is 43.7 and 56.1 MPa, respectively. The rebound hammer rebound number (Rebound Number) The R values are 46 and 54 respectively, and the ultrasonic wave speeds are 4,691 and 5,768 m/s, respectively, indicating that the hardening properties of concrete all increase with the increase of age.

Keywords: hot-dip galvanized, High-strength rebar, High-strength concrete, engineering properties, Bond strength.

一、前言

鋼筋與混凝土為良好之鋼筋混凝土構件，乃因這兩種材料具互補性，且透過鋼筋與混凝土間之握裹行為有效扮演應力的傳遞 [1-7]。都市化的發展使得許多建物面臨老齡化及機能降低之窘境，對於台灣位處於亞熱帶區域，自然環境屬於高濕、高溫與高鹽分，因此容易讓鋼筋混凝土建築物中，因混凝土開裂使得金屬材料（即鋼筋）暴露在容易腐蝕劣化大氣環境中。而大氣中所含水分、氧氣和腐蝕物質（如雨中的雜質、灰塵、金屬表面沉積物等）之腐蝕機制，經聯合作用下易對於鋼筋產生破壞 [3,8]，因此鋼筋表面進行熱浸鍍鋅對於防護及抑制鋼筋腐蝕，延長老舊建物使用壽命具有正面效益。

鋼鐵材料為今日人類生活中不可或缺的重要資源，尤其鋼筋對於在土木工程上更形重要，然而因其本身腐蝕特性使然，使得銹蝕常伴隨著我們，並無時無刻地損耗著鋼鐵資源，又因台灣受海洋性季風的惡劣環境下，銹蝕問題較其他國家來的更為嚴重 [9]。

近年來隨著經濟發展，高層樓建築如雨後春筍般興建中，而高強度拉力鋼筋及高強度混凝土等高強度材料之應用逐漸普及 [10-12]，若考量耐久性問題，鍍鋅包覆鋼筋表面為最常見的防蝕工法之一 [7,8]，該工法自 1930 年代首次被美國採用迄今，技術應用於普通強度鋼筋 [降伏強度 $f_y \leq 428 \text{ MPa} (4,200 \text{ kgf/cm}^2)$] 已相當普遍成熟 [13-15]，甚至列入國家標準中。然而針對高強度鋼筋 ($f_y > 428 \text{ MPa}$) 表面鍍鋅後，鍍鋅附著量是否對鋼筋握裹應力有所影響 [16-20]。拉拔試驗為研究評估鋼筋與混凝土間握裹應力滑移量最常見的方法之一 [4]，雖然拉拔試驗測試方法受到邊界條件或應力狀況可能無法完全令人滿意，但因為他的方法簡單方便 [5]，故本研究採用拉拔試驗進行握裹應力 [21-26] 之探討。

此外，高層建築結構使用高強度拉力鋼筋下，匹配使用的混凝土強度亦可能同時提高，除了因高樓建築結構荷重不斷加大之需求考量外，

亦因結構尺寸受到空間使用等眾多因素影響而不能加大，因而必須使用高強度混凝土 [27-28]。因此，本研究針對高強度熱浸鍍鋅鋼筋混凝土之工程性質及握裹強度作初步之探討，其研究結果可作為產業界應用高強度熱浸鍍鋅鋼筋混凝土之參考依據。

二、試驗計畫

(一) 試驗材料

本研究採用亞洲水泥股份有限公司所生產之水泥，其比重為 3.15，細度為 $3,450 \text{ cm}^2/\text{g}$ ，並符合 CNS 61 及 ASTM C150 規格之第 I 型波特蘭 (Portland) 水泥。細粉狀水淬爐石粉 (Blast-Furnace Slag, BFS) 由中聯爐石資源處理公司研磨中鋼產製的水淬爐石而成，比重為 2.90，細度為 $4,000 \text{ cm}^2/\text{g}$ ，其性質符合 ASTM C989 之規範要求。水泥及水淬爐石粉 (BFS) 之性質，如表 1 所示。強塑劑為欣得實業公司所生產 PC 302 型，並符合 CNS 12283 及 ASTM C494 所規定之 G 型藥劑；拌合水為自來水廠所供應，符合 CNS 13961 之規定。鋼筋選用東和鋼鐵股份有限公司生產材料強度規格為 SD490W 及 SD550W 可鐸鋼筋，尺寸規格為 #8(D25) 與 #10(D32) 鋼筋。熱浸鍍鋅鋼筋之鍍鋅附着量依據鋼筋號數微幅差異，#8 鋼筋之鍍鋅附着量分別為 0、1,369 及 $1,910 \text{ g}/\text{m}^2$ ，#10 鋼筋之鍍鋅量則分別為 0、1,319 及 $2,129 \text{ g}/\text{m}^2$ 。

(二) 試驗配比及項目

本研究選用設計強度 $f'_c=57 \text{ MPa}(560 \text{ kgf}/\text{cm}^2)$ 高強度混凝土，配比設計參數採用水膠比 (W/B) 為 0.33，設計坍度為 190 mm，空氣含量為 1.8%，含砂率為 42.6%，單位重為 $2348 \text{ kg}/\text{m}^3$ ，其中混凝土各材料用量，如表 2 所示。鋼筋採用材料強度規格為 SD490W 及 SD550W 兩種不同高強度可鐸鋼筋，於現地釘製模板並固定鋼筋後澆置混凝土製作拉拔試驗試體。高強度混凝土圓柱試體於 7、14、28、56 及 91 天混凝土養護齡

期下，進行抗壓強度、劈裂強度、超音波波速及反彈錘等硬固性質試驗。此外，鋼筋依據試驗參數設計之鍍鋅量進行熱浸鍍鋅後，與高強度混凝土澆置製作成拉拔試驗試體，於 7、28 及 91 天混凝土養護齡期進行拉拔試驗，探討包覆鍍鋅之鋼筋對握裹應力之影響。

(三) 試驗方法及項目

本研究之高強度混凝土，依據配比設計參數新拌混凝土後，製作成試體尺寸為 $\phi 12 \text{ cm} \times 24 \text{ cm}$ 之圓柱試體後，放入 $23 \pm 2^\circ \text{C}$ 之飽和石灰水中進行養護，待測試齡期時取出進行以下各項混凝土硬固性質試驗：

1. 抗壓強度試驗，依據 ASTM C39 規範於各齡期下，使用 200 噸自動萬能試驗機施加軸向壓力，探討混凝土抗壓強度與齡期之間的發展變化。
2. 劈裂強度試驗，依據 ASTM C496 規範於各齡期進行劈裂試驗，探討混凝土劈裂抗張強度和抗壓強度之間相對關係。
3. 超音波波速試驗，依據 ASTM C597 規範於不同齡期下進行非破壞性之超音波波速試驗，量測試體內部之波速，探討試體緻密度與混凝土強度之變化。
4. 反彈錘試驗，參考 ASTM C805 之規定於不同齡期，進行非破壞性之反彈錘 R 值量測試驗，求得混凝土表面的硬度與抗壓強度之間的相對關係。
5. 鋼筋現地拉拔試驗，為探討熱浸鍍鋅下的高強度鋼筋在握裹應力之影響，製作三塊長度 $9.1 \text{ m} \times$ 寬度 $2 \text{ m} \times$ 高度 0.3 m 的大型混凝土試體，並埋置 #8 及 #10 鋼筋混凝土試體中，其中鋼筋埋入混凝土深度為 15 cm ，待各混凝土齡期到達時進行現地拉拔試驗。本研究採用 2 種現地鋼筋拉拔試驗方法，(a) 符合 ASTM E488 拉拔試驗，或稱為 Test method C；(b) 模擬 ASTM E488 拉拔試驗，或稱為 Test method S。以符合 ASTM E88 拉拔試驗法執行時，其施

加反力的承載點間之跨距，至少須為鋼筋埋置混凝土深度之 2 倍以上，且測試時須架設測微計，量測鋼筋與混凝土之相對位移量，惟本方法受限於設備容量，僅以 #8 鋼筋進行拉拔試驗。若以模擬 ASTM E488 拉拔試驗法執行時，承載點間之跨距小於 2 倍鋼筋埋置混凝土深度，主要用以模擬工地現場空間侷限，無法滿足承載點間跨距之規定，惟此方法快速、便利，故本研究以 #8 及 #10 鋼筋進行拉拔試驗。此兩種拉拔試驗方法，均待混凝土 7、28 及 91 天齡期時進行現地及實驗室拉拔試驗。

三、結果與討論

(一) 抗壓強度

本研究以配比設計強度 $f_c=57 \text{ MPa}(560\text{kgf/cm}^2)$ 新拌高強度混凝土，並製作直徑 $\phi 12 \text{ cm} \times 24 \text{ cm}$ 高度的混凝土圓柱試體 (sample)，於 7、28、56 及 91 天養護齡期進行抗壓強度試驗，探討高強度混凝土抗壓強度與齡期之變化。

如圖 1 及表 3 所示，當混凝土配比設計強度 $f_c=57 \text{ MPa}$ 時，各齡期製作 3 組圓柱試體 (編號分別為 A1、A2 及 A3)，其試驗結果顯示實際混凝土強度隨著齡期增加而呈現提高的趨勢，其中 7 天齡期時之抗壓強度在 44.7 至 46.2 MPa 之間，28 天齡期抗壓強度在 57.5 至 58.7 MPa 之間；56 天齡期抗壓強度在 58.5 至 60.3 MPa 之間；91 天齡期抗壓強度在 67.5 至 69.1 MPa 之間。將各齡期之 3 組試體抗壓強度予以平均，則混凝土平均抗壓強度在 7、14、28、56 及 91 天養護齡期時分別為 45.5、55.2、58.3、59.2 及 68.3 MPa，如表 3 所示。如圖 1 所示，在早齡期 14 至 28 天之間，混凝土之平均抗壓強度變化趨勢較為平緩，乃是混凝土在早期齡期階段，水化產物 C-S-H 膠體較少，部分卜作嵐材料無法進行卜作嵐反應，導致早期齡期階段，混凝土抗壓強度增長較慢。但因卜作嵐材料

中以爐石粉取代部分水泥，該爐石粉對晚齡期 56 至 91 天之間混凝土抗壓強度有很大助益，隨著齡期增加卜作嵐反應將會不斷反覆進行，直到水化物氫氧化鈣 (CH) 完全被消耗為止，故有助於長期強度之發展。

因早齡期混凝土中未起反應的卜作嵐材料顆粒介面越多，導致試體較不密實，導致抗壓強度降低，且水膠比的提升也會使試體孔隙增加造成抗壓強度降低，而於晚齡期隨著卜作嵐材料之卜作嵐反應持續作用，使抗壓強度提升。

(二) 劈裂強度

如表 2 所示，當混凝土配比設計強度 $f'_c=57$ MPa 時，進行混凝土圓柱試體劈裂試驗，其結果顯示劈裂強度會隨著齡期增加而呈現提高的趨勢。在 7 天齡期時之劈裂強度介於 34 至 35 MPa 之間，在 28 天齡期劈裂強度介於 42.7 至 44.7MPa 之間，顯示 7 天至 28 天齡期，圓柱試體之劈裂強度成長幅度介於 25.6 至 27.7 % 之間。在 56 天齡期時之劈裂強度介於 47.7 至 50.7 MPa 之間，顯示 28 天至 56 天齡期，劈裂強度的成長幅度介於 11.7 至 13.4 % 之間，相較於 7 天之 28 天齡期發展呈現降低趨緩的趨勢。在 91 天齡期時之劈裂強度介於 54.5 至 57.4 MPa 之間，顯示 56 天至 91 天齡期之劈裂強度成長幅度在 14.5 至 13.2% 之間，相較於早齡期階段，劈裂強度成長略顯趨緩。探究劈裂強度於晚齡期階段趨緩之原因，係因在混凝土配比設計中，添加了爐石粉取代水泥導致早期強度較低晚期強度相對較高，且在 7 天至 28 天齡期之間，劈裂強度成長幅度較為明顯，在齡期 28 天至 91 天齡期之間，則劈裂強度成長幅度呈現趨緩趨勢。

(三) 超音波波速

超音波波速試驗一般用於檢測混凝土品質之優劣，屬非破壞性試驗，主要是為在不破壞試體之條件下進行超音波波速量測，波速之快慢可顯示混凝土內部緻密性與均質性程度，但其容易受到齡期、水膠比變

化、水泥、拌合用水量及骨材種類與特性等特性影響而波速有所變化。但因具有操作簡便、過程迅速及可在現地直接量測等優點，對於混凝土強度之變化也有類似的趨勢，故常用於比較強度變化及品質評估。

如圖 2 所示，一般養護下於 7、14、28 及 56 天齡期時，超音波波速試驗結果顯示其波速值分別介於 4,486 至 4,615 m/s、4,507 至 4,706 m/s、4,660 至 4,706 m/s、4,660 至 4,760 m/s 及 5,743 至 5,790 m/s 之間，顯示超音波波速隨著混凝土齡期越久波速越快，表示混凝土於晚期時有較高的緻密性。超音波波速的傳遞快慢取決於試體結構的緻密性，當超音波波速提高，表示試體結構較為緻密。因早期卜作嵐材料的反應較為緩慢，早期波速成長較緩慢，但隨卜作嵐反應作用，試體孔隙被填充，使得試體有較佳緻密性，故晚期波速成長幅度較明顯。此外，超音波波速與混凝土抗壓強度迴歸分析關係曲線如圖 3 所示，其判定係數 (coefficient of determination) R^2 (R squared) 值為 0.976，表示超音波波速與混凝土抗壓強度有良好的相關性，且該迴歸曲線亦呈現混凝土抗壓強度隨著超音波波速增加而提高的趨勢。

(四) 反彈錘試驗

在測試物體的表面利用機械性敲擊產生暫態應力波動並導入物體內，該應力波動包含有壓力波 (P-Wave)、剪力波 (S-Wave) 及表面波 (R-Wave)，其中壓力波及剪力波在物體內部依球狀的波形方式向前傳遞，而表面波則沿著物體表面遠離敲擊點的方式向外擴散出去。當壓力波及剪力波遇到物體內部的瑕疵 (如裂縫及孔隙) 或物體的邊界時，將會被反射回去，這些反射波回到了敲擊面時，則產生表面的位移 (displacement)，此等位移反應可利用訊號接收器監測到。

如圖 4 所示，在混凝土養護齡期達 7、14、28、56 及 91 天時分別進行反彈錘試驗，其反彈錘之反彈數 (rebound number) R 值量測結果分別介於 35 至 37 之間、42 至 43 之間、46 至 46 之間、49 至 53 之間及 54

至 56 之間，且平均值分別為 36、43、46、51 及 55。隨著養護齡期增加，反彈數亦呈現增加的趨勢，在齡期 28 至 56 天之間增加趨勢較快，後期齡期 56 至 91 天則趨緩。混凝土抗壓強度與反彈數迴歸分析關係曲線，如圖 5 所示，其判定係數 R^2 為 0.921，表示混凝土抗壓強度與反彈數 R 值呈現正相關的關係。

(五) 鋼筋握裹強度

本研究使用之 SD490W 及 SD550W 鋼筋，為確認破壞模式係鋼筋降伏前發生握裹破壞，故依據鋼筋表面鍍鋅量進行物理性質試驗，求取實際鋼筋降伏強度值 f_{ya} 。經鋼筋拉力試驗結果顯示 #8-SD490W 鋼筋，在 0、1,369 及 1910 g/m^2 之鍍鋅量下，其 f_{ya} 值僅些微差異，分別為 530、549 及 550 MPa，故取其平均值為 543MPa。而 #10-SD490W 鋼筋，實際降伏強度 f_{ya} 值亦僅僅些微差異，類似於 #8-SD490W 鋼筋，且量得之 f_{ya} 值分為 525、549 及 552 MPa，平均值為 542 MPa。同樣地 #8-SD550W 鋼筋，在 0、1316 及 2129 g/m^2 之鍍鋅量下， f_{ya} 值分別為 530、549 及 550 MPa，平均值為 543MPa，而 #10-SD55W 鋼筋之 f_{ya} 值分別為 555、570 及 573 MPa，平均值為 566 MPa。因此，鋼筋表面鍍鋅物性實驗結果顯示，鋼筋表面熱浸鍍鋅對降伏強度之影響甚微。且觀察鍍鋅後的鋼筋表面並無裂痕，顯示鋼筋並未因熱浸鍍鋅過程中之熱處理產生裂痕，影響它的降伏應力行為。

如表 4 所示，以 #8-SD490W 鍍鋅量為 0 g/m^2 鋼筋為例，以符合 ASTM E488 規定(表 4 中，Test Method C)進行現地拉拔試驗法之試驗結果顯示，7、28 及 91 天齡期時之握裹強度分別為 16.4、17.0 及 18.1 MPa，鋼筋握裹強度隨著混凝土養護齡期增加，且鋼筋鍍鋅量增為 1,319 及 1,910 g/m^2 時之拉拔試驗結果強度變化趨勢亦同。

各不同鍍鋅量下，符合 ASTM E488 拉拔試驗之 SD490W-#8 鋼筋之 7 天齡期的握裹強度約為 28 天齡期之 96%、95% 及 96%，如表 4 及圖

7 所示，相較於齡期與混凝土抗壓強度之行為，其 7 天齡期抗壓強度僅達 28 天齡期 78%，顯示齡期對於鋼筋混凝土之握裹強度之增加速率遠大於抗壓強度。此外，表 4 中之 SD550W-#8 鋼筋試驗結果亦呈現類似變化趨勢。

兩種方法 (Test Method S 及 C) 於不同鍍鋅量在各齡期時拉拔試驗結果如圖 6 及表 4 所示，模擬 ASTM E488 拉拔試驗 (表 4 中，Test Method S) 之握裹強度皆大於符合 ASTM E488 拉拔試驗結果，其中於 28 天齡期時，握裹強度相差為 1.17~1.26 倍，91 天齡期時，則握裹強度差異 1.09~1.12 倍。推斷造成此現象係因為模擬 ASTM E488 拉拔試驗 (表 4 中，Method S)，於千斤頂施力時，其反力點與鋼筋拉拔點之距離過近，造成鋼筋與混凝土之握裹強度大於混凝土之抗張強度時，故混凝土將開裂成倒三角形錐狀體，然又因模擬拉拔試驗法之反力裝置施加壓於混凝土，造成圍束應力，導致模擬拉拔試驗法之握裹應力高於符合拉拔試驗法。

如圖 8 之鋼筋握裹強度和抗壓強度迴歸分析曲線顯示，其判定係數 R^2 值為 0.964，顯示鋼筋握裹強度和混凝土強度具有高度的正相關性，因此可以看出鋼筋握裹強度於早齡期時強度較低，主要係因為早齡期時高強度混凝土尚未達到目標強度，導致鋼筋拉拔時在還未達到降伏點時混凝土面已經破裂，導致鋼筋握裹強度未能達到目標強度。鋼筋握裹強度於晚期有著良好的強度成長，因混凝土抗壓強度隨著齡期增加卜作嵐反應將會不斷反覆進行，直到水化物氫氧化鈣 (CH) 完全被消耗為止，有助於長期強度之發展，隨著混凝土強度的提升鋼筋握裹強度也會隨之提升。

四、結論

(一) 在硬固性質中，高強度混凝土抗壓強度與劈裂強度之破壞性試驗及反彈錘反彈數與超音波波速非破壞性試驗結果，其值皆隨養護齡期

的增長而呈現提升的趨勢，且抗壓強度皆有達到配比設計強度要求，且於早齡期強度發展較慢，而晚齡期時抗壓強度有顯著的提升。

- (二) 超音波波速皆隨著齡期的增加而增加，其波速均高於4,500 m/s 顯示出有著良好的緻密性。主因為添加卜作嵐材料能提供試體較佳緻密性，於晚齡期時因卜作嵐材料提供卜作嵐反應，因此波速有較佳之發展。
- (三) 鋼筋握裹強度中，握裹強度隨著齡期增長而增加，但鋼筋鍍鋅量並未對握裹強度試驗結果造成較大的差異，因此鋼筋鍍鋅量與握裹強度關聯性不大，在營建成本允許下，可進行鋼筋鍍鋅增加耐久性。
- (四) 鋼筋握裹強度與混凝土強度迴歸分析結果，其判定係數 R^2 值為 0.964，顯示鋼筋握裹強度與混凝土抗壓強度有顯著的關聯性。
- (五) 高強度熱浸鍍鋅鋼筋混凝土，無鍍鋅鋼筋與鍍鋅量不同之鋼筋的握裹強度差異不大，但仍可觀察到有鍍鋅之鋼筋的握裹強度相較於無鍍鋅鋼筋有些微的提升。

五、參考文獻

1. Ahmed M.Diab, Hafez E.Elyamany, Mostafa A.Hussein, and Hazem M.Al Ashy, “ Bond behavior and assessment of design ultimate bond stress of normal and high strength concrete,” Alexandria Engineering Journal, Vol. 53, Issue 2, June 2014, Pages 355-371.
2. F.Tondolo, “ Bond behaviour with reinforcement corrosion,” Construction and Building Materials, Vol. 93, 15 September 2015, Pages 926-932.
3. ACI Committee 408, “ State-of-the-Art Report : Bond under cyclic load,” ACI Materials Journal, Vol.88, No.6, PP.408, 1991.
4. RILEM, “ Essai portant sur l ’ adhérence des armatures de béton – Essai

- par traction,” *Matér. Constr.*, 3 (15) (1970), pp. 175-178
5. R.P. Tastani, S.J. Pantazopoulou, “ Experimental evaluation of the direct tension-pullout bond test,” *Bond in concrete – from research to standards*, Budapest, 2002.
 6. B.S. Hamad, “ Bond strength improvement of reinforcing bars with specially designed rib geometries,” *ACI Struct. J.*, 92 (1) (1995), pp. 3-13
 7. A. Castel, T. Vidal, K. Viriyametanont, R. François, “ Effect of reinforcing bar orientation and location on bond with self-consolidating concrete,” *ACI Struct. J.*, 103 (4) (2006), pp. 559-567
 8. 郭陳風，「自然腐蝕與加速腐蝕鋼筋之拉力行為」，碩士論文，國立台灣科技大學營建工程系碩士論文，103 年 1 月。
 9. 能源再生綠色產品促銷推廣暨成果發表會，經濟部工業局，2018。
 10. 杜宗嶽，「永續性再生資源骨材混凝土之研究」，博士論文，國立台灣科技大學營建工程研究所，台北，2005。
 11. 財團法人台灣混凝土學會，「新世代高強度鋼筋混凝土研究」，1998~1999。
 12. 內政部建築研究所，協同研究案「超高強度鋼筋混凝土建築設計施工指針之研擬」，2009 年。
 13. S. Yeomans (Editor), *Galvanized Steel Reinforcement in Concrete*. Oxford: Elsevier; 2004.
 14. L. Bertolini, et al (2013), “ Corrosion resistant reinforcement”, *Corrosion of steel in concrete*, Chapter 5. Wiley; 2013.
 15. *Galvanized Reinforcements in Concrete*, M. C. ANDRADE and A. MACIAS, Institute of Construction and Cement Eduardo Torroja of the CSIC, Madrid, Spain, 1988.
 16. 梁弘逸，「熱浸鍍鋅鋼材鐵鋁阻障層形成機構之研究」，碩士論文，

- 國立中山大學材料與光電科學研究所，2010。
17. 林清俊，「鋼筋表層防蝕處理對鋼筋混凝土握裹行為影響之研究」，碩士論文，國立海洋大學河海工程研究所，2001。
 18. 蔡明達，「熱浸鍍鋅鋼結構在花卉博覽會之應用」，帷幕牆會刊，第45-53頁，2011。
 19. 許學殷，「混凝土中鋼筋腐蝕對握裹強度之影響」，碩士論文，國立雲林科技大學營建工程係，2000。
 20. 黃兆龍、張大鵬、王和源、邱英嘉，「鋼筋混凝土腐蝕對握裹力影響之研究」，防蝕工程，第七卷第三期，第45~51頁，82年9月。
 21. 高強混凝土配制的研究·黑龍江水利科技，2003，33(2)：84-85。
 22. Ghazi F. K., Waleed A. W., and Alabbas F. R., “Bond Behaviour for Normal and High Strength Concrete,” *Journal of Engineering and Development*, Vol. 9, No. 4, December, 2005.
 23. 陳柏志，鋼筋拉拔與混凝土握裹破壞之有限元素分析，碩士論文，朝陽科技大學營建工程所，2002。
 24. Lutz, L.A.; and Gergely, P., “Mechanics of Bond and Slip of Deformed Bars in Concrete,” *ACI Journal, Proceeding*, Vol. 64, No. 11, Nov, PP.711-721, 1967.
 25. Abrishami; and Mitchell, “Simulation of Uniform Bond Stress,” *ACI Materials Journal*, Vol.89, No. 2, March-April, PP.161-168, 1992.
 26. Ezeldin; and Balaguru, “Bond Behavior of Normal and High Strength Fiber Reinforced Concrete,” *ACI Materials Journal*, Vol. 86, No. 5, September-October, PP.515-524, 1989.
 27. 黃兆龍，卜作嵐混凝土使用手冊，財團法人中興工程顧問社，台北，2007。
 28. C.L. Hwang, *High Performance Concrete Theory and Practice*. James Publisher. Taipei. 2020.

表 1 水泥及水淬爐石粉之物化性質。

Materials	Cement	BFS
Fineness(cm^2/g)	3450	4000
SiO_2	19.6	33.5
Al_2O_3	4.4	14.7
Fe_2O_3	3.1	0.4
CaO	62.5	41.2
MgO	4.9	6.4
SO_3	2.2	0.6
K_2O	-	0.3
Na_2O	-	0.2
TiO_2	0.5	0.5
P_2O_5	0.11	0.01
f-CaO	0.7	-
C_3S	56	-
C_2S	14	-
C_3A	7	-
C_4AF	9	-
L.O.I	2.5	0.58

表 2 高強度混凝土配比設計 [設計強度 57 MPa(560 kgf/cm²)] 之混凝土各材料用量。

材料品項	水泥	水	爐石粉	六分石	三分石	粗砂	細砂	藥劑
重量 (kg/m ³)	450	176	112	275	641	409	277	8.0

表 3 不同養護齡期高強度混凝土之抗壓及劈裂強度。

Sample	Age (days)	Compressive Strength (MPa)	Compressive Strength average value (MPa)	Splitting Strength (MPa)	Splitting Strength average value (MPa)
A1	7	45.6	45.5	34.0	34.4
A2		46.2		34.1	
A3		44.7		35.0	
A1	14	55.3	55.2	39.8	40.0
A2		55.0		40.0	
A3		55.4		40.1	
A1	28	58.6	58.3	42.7	43.7
A2		57.5		43.7	
A3		58.7		44.7	
A1	56	58.5	59.2	47.6	49.0
A2		58.8		48.7	
A3		60.3		50.7	
A1	91	67.5	68.3	54.5	56.1
A2		69.1		56.3	
A3		68.3		57.4	

表 4 模擬及符合 ASTM E488 現地拉拔試驗握裹強度。

Age (days)	Material specifications	Rebar Type	Test Method ¹	Bond strength (MPa)		
				0(g/m ²)(#8) 0(#10)	1,319(#8) 1,316(#10)	1,910(#8) 2,129(#10)
7	SD490W	#8	S	19.4	20.1	20.3
			C	16.4	16.6	17.1
	SD550W	#10	S	19.9	20.5	22.0
			C	16.9	18.1	18.3
		#8	S	20.9	21.9	22.9
			C	16.9	18.1	18.3
#10	S	21.6	21.9	22.4		

Age (days)	Material specifications	Rebar Type	Test Method ¹	Bond strength (MPa)		
				0(g/m ²)(#8) 0(#10)	1,319(#8) 1,316(#10)	1,910(#8) 2,129(#10)
28	SD490W	#8	S	19.9	20.8	21.5
			C	17.0	17.5	17.9
	SD550W	#10	S	21.4	21.5	22.5
			C	21.2	22.1	23.3
		#8	S	17.8	18.1	18.7
			C	22.0	23.7	23.7
91	SD490W	#8	S	21.8	22.8	22.9
			C	18.1	18.6	18.9
	SD550W	#10	S	22.8	23.3	24.4
			C	23.5	24.0	24.9
		#8	S	20.1	21.0	21.2
			C	22.8	22.9	23.7

Remark: 1. “S” means the simulation group, “C” means the control group

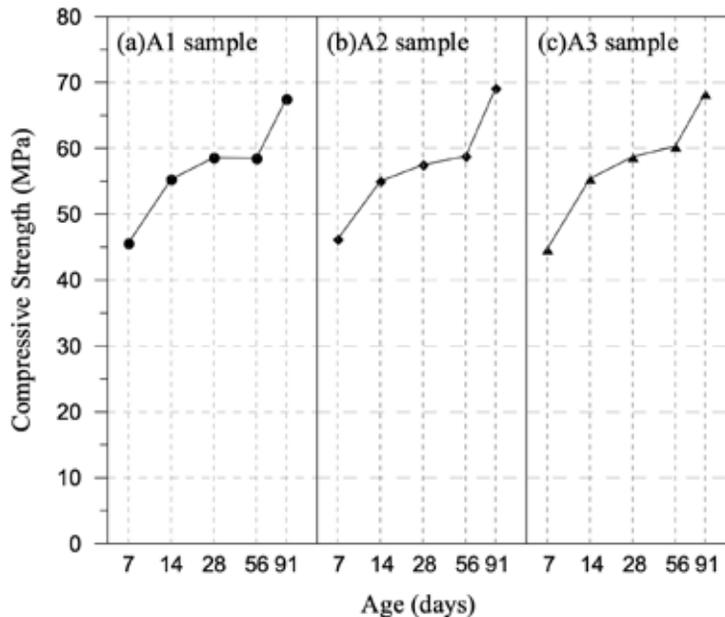


圖 1 不同養護齡期之高強度混凝土抗壓強度。

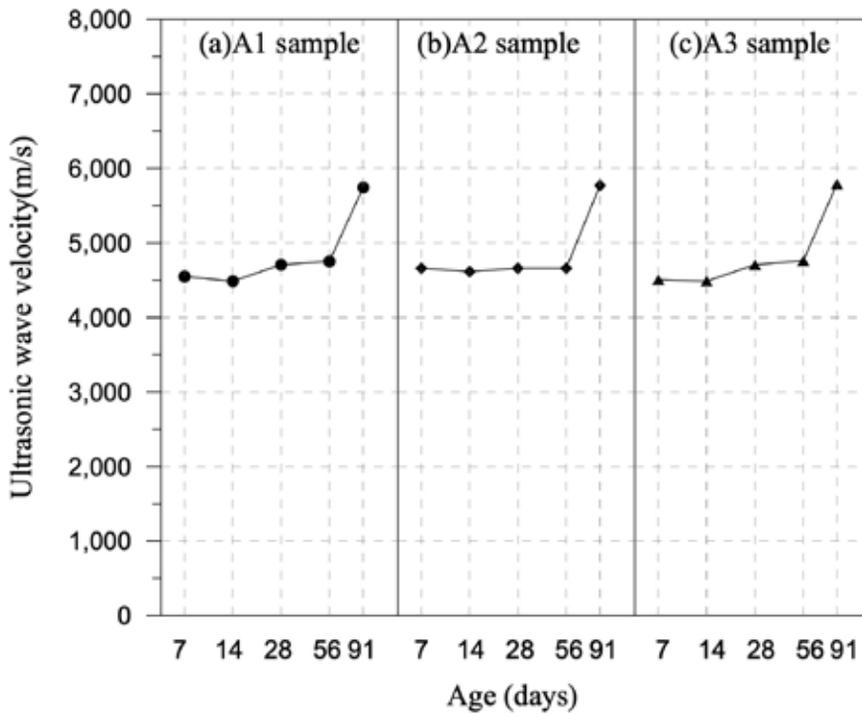


圖 2 不同養護齡期之高強度混凝土超音波波速。

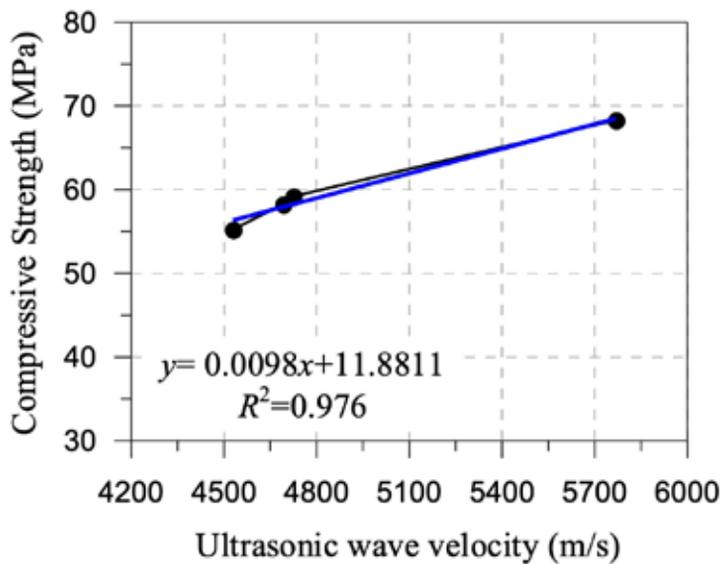


圖 3 超音波波速和抗壓強度之關係。

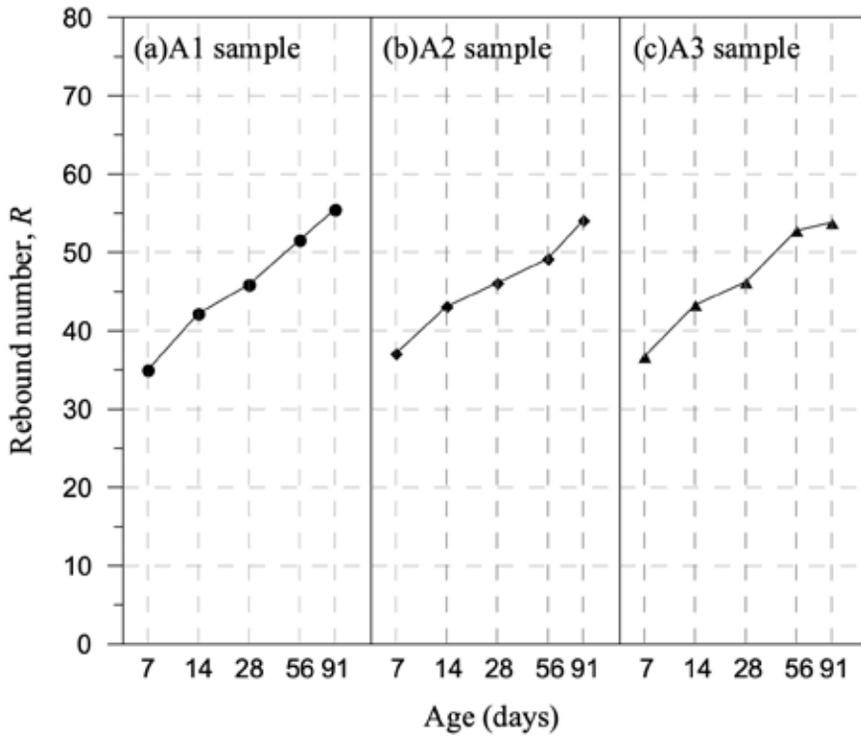


圖 4 不同養護齡期之高強度混凝土反彈錘試驗結果。

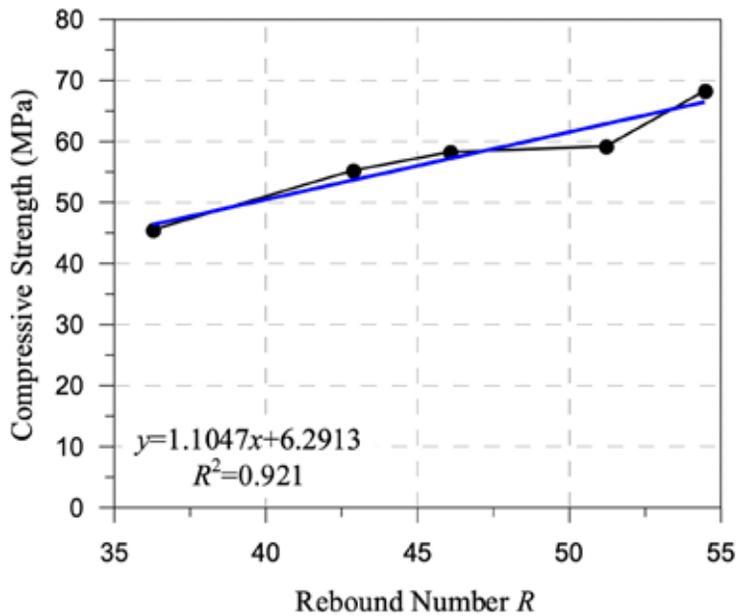


圖 5 反彈錘 R 值和抗壓強度之關係。

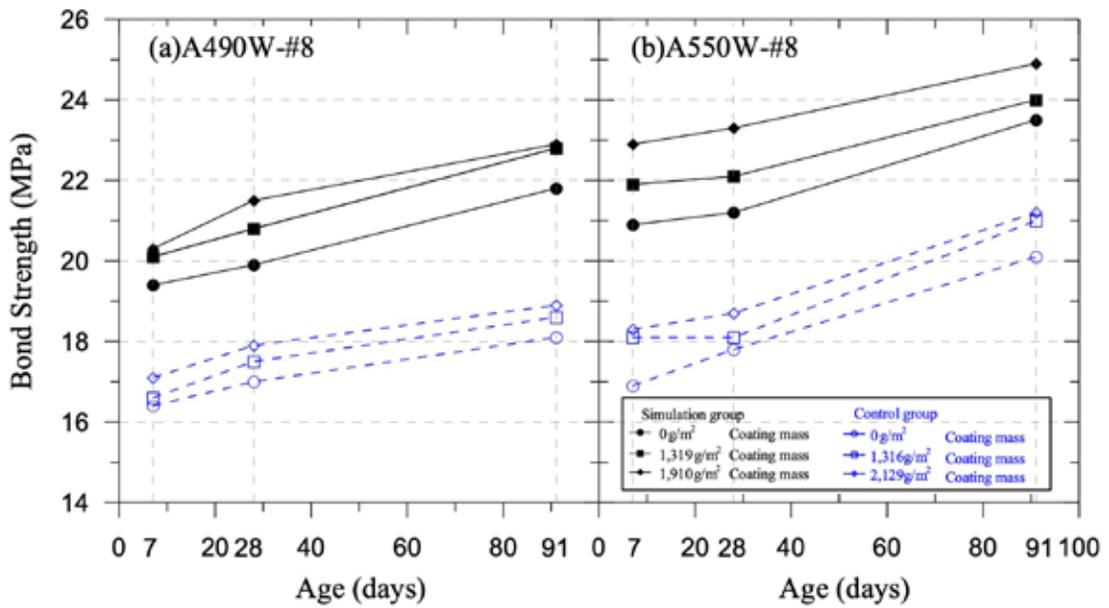


圖 6 不同養護齡期之 A490W 及 A550W 高強度鍍鋅 #8 鋼筋混凝土之握裹強度。

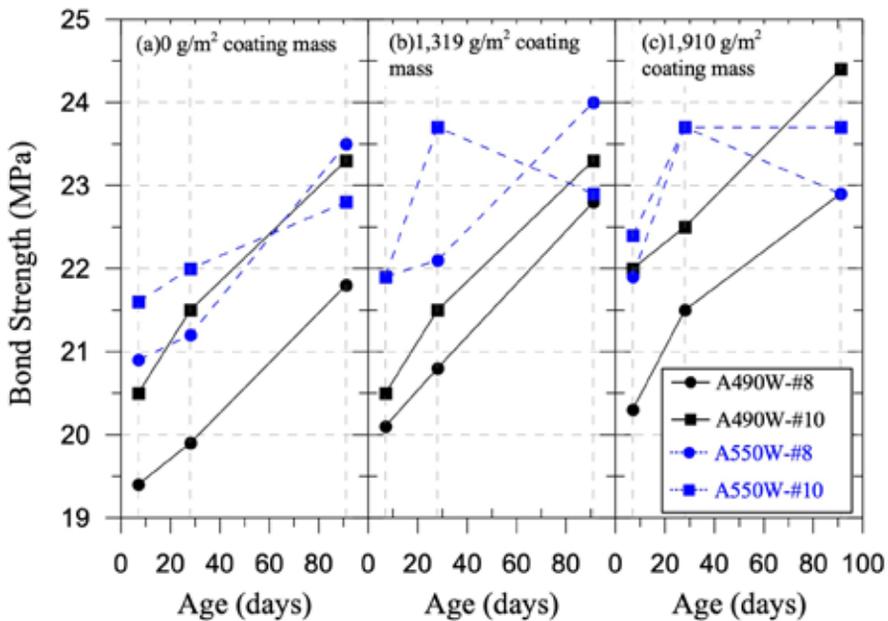


圖 7 符合 ASTM E488 試驗法在不同養護齡期下之鋼筋混凝土之握裹強度。

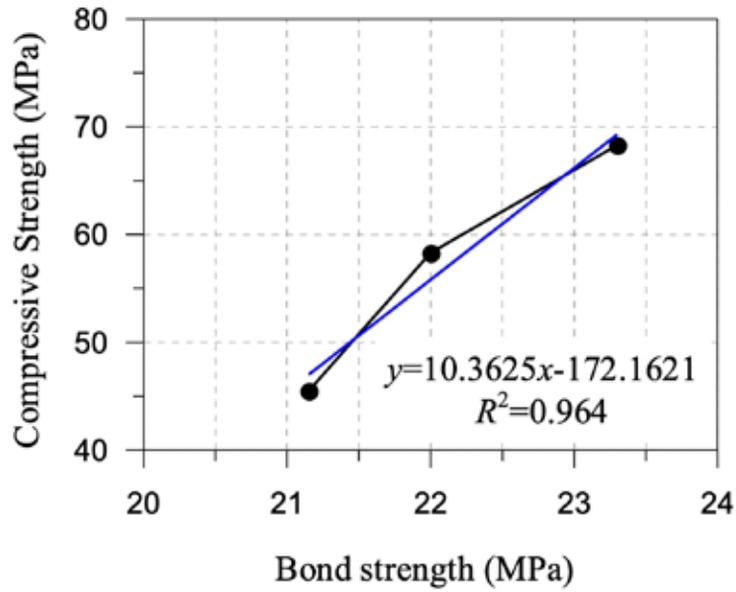


圖 8 鋼筋握裹強度和混凝土抗壓強度之關係。

鋅的未來趨勢

王麗君¹、蕭勝彥²

¹ 臺鍍科技股份有限公司經理

² 中華民國熱浸鍍鋅協會創會理事長

摘要

廣泛使用於防銹的鋅，被認為是資源風險較高的金屬。最大因素是由於經濟原因勘探缺乏進展，暫且沒有令人擔憂枯竭的情況。未來，隨著碳中和的發展及回收再利用的增加，鋅的供需結構可能會產生變化。需在正確的地方且不浪費的情況下明智地使用正確的材料。

關鍵字：鋅、資源風險、礦埋藏量、資源量、可採年數、鋅回收

一、前言

廣泛使用於防銹的鋅，從以前就被認為是資源風險較高的金屬之一。但鋅的資源風險從未顯現。本文將從鋅的供需情況及鋅的資源風險來探討。

二、鋅的消費量變化

鋅為非鐵金屬，是僅次於銅和鋁最廣泛使用的金屬。其使用可追溯到公元前 4,000 年左右，在古代很難將鋅單體分離，而是與銅合金後作為黃銅來使用。鋅的單體分離是從 12 世紀印度發現鋅的精煉技術開始，而歐洲能生產金屬鋅的時期更晚，是從 16 世紀以後開始。

應用於防銹是受 Galvani 實驗啟發的伏打電池的發明，這也是熱浸鍍鋅 (Galvanize) 名稱的由來。之後，19 世紀中葉闡述了異金屬腐蝕及犧牲防蝕。鋅在主要金屬中的腐蝕電位僅次於鎂，由於對鐵有很強的

犧牲防蝕作用，防銹防蝕則是鋅的最大用途。根據國際鉛鋅研究團體 (ILZSG) 統計的全球鋅消費量，如圖 1 所示，鋅消費量的一半是用在鍍鋅，其他則是用於壓鑄、黃銅及無機化學品。

鋅的熔點及沸點對於金屬材料來說都比較低。因熔點低適合鑄造，為了確保加工性及強度，添加鋁或銅的鋅合金使用於壓鑄材料。此外，自古以來稱為黃銅的銅鋅合金，具有優良的抗拉強度、硬度、延展性、加工性，而且價格相對便宜，因此至今仍被廣泛使用。氧化鋅除了作為橡膠的硫化促進劑之外，也使用於化妝品、防曬霜等無機化學品及醫藥品。

用於各種用途的鋅，根據 ILZSG 的資料顯示，2019 年全球鋅消費量為 1,379.1 萬噸。1990 年至 2020 年的鋅消費情況，如圖 2 所示。圖 2 中上方的線是全球消費量，下方的線則是中國的消費量。從 1993 年到 2014 年，儘管有不規則的情況，但消費量仍以年均 3.4% 的速度增長。20 多年來，消費量增加了一倍，可知鋅消費量的增幅幾乎就是中國消費量的增幅。2015 年後消費量增長趨緩在 1,300 萬噸區間。這也可看出，中國需求停滯的影響是很大的。

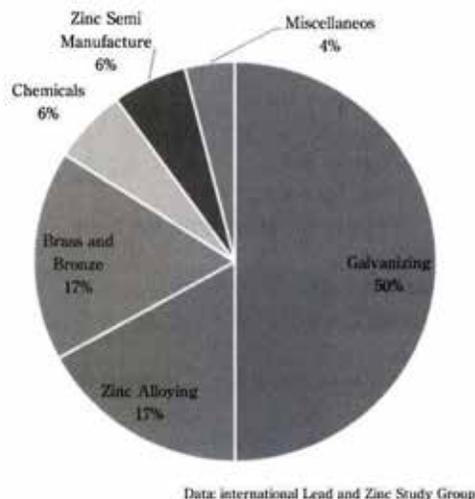


圖 1 全球鋅用途別需求。

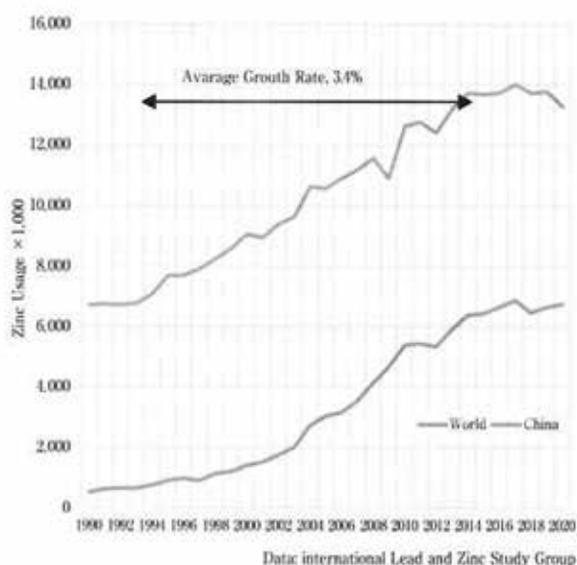


圖 2 全球鋅消費量情況。

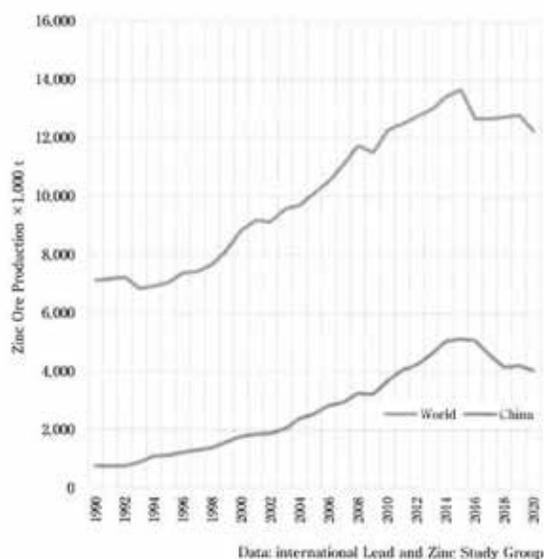


圖 3 全球鋅礦產量情況。

圖 3 所示為相同期間的鋅礦生產量。儘管有些許差異，圖形與消費量幾乎相同，但鋅礦產量在 2016 年減少，之後消耗量超過礦石產量的狀態持續。這是因為前一年 2015 年有大型鋅礦相繼關閉，而這些不足的礦石是由增加的回收原料填補。

三、鋅資源的長期預測

不僅是鋅，大多數地下資源，都是消耗性資源，被開採及消耗後，終將迎接枯竭之時。各機構對鋅的長期供需情況進行了預測，將這些簡化的預測模型如圖 4 所示。在此模型中，需求繼續增加，既有礦山的礦石產量卻逐漸下降，造成供需差距。供需差距將由既有礦山的增產及做好充分開發準備的礦山開始新的運作來填補。此後勘探工作不斷推進，準備好開發的礦山陸續增加，供需缺口將隨著新發現的礦山及以新技術新開發的礦山之增加而彌補，但最終礦石會枯竭而發生供應危機。當然實際供需上會被許多因素影響，如生產國的普遍性以及國家風險的影

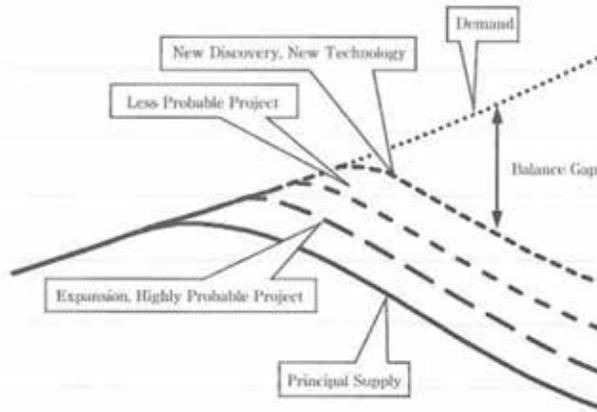


圖 4 鋅供需模型。

響、替代品的可能性、需求本身的變化等。然而事情沒那麼簡單，開採礦石之多寡會影響資源的風險是可以理解的。

鋅被認為是資源風險較高的金屬，其理由是相對於鋅礦石的開採量（生產量）而言，儲量較少。根據美國地質調查局（USGS）每年公佈的資料，如表 1 所示。以鋅金屬計算，2020 年鋅礦石開採量為 1,200 萬噸，儲量為 2.5 億噸，若資源壽命（可採年）= 儲量 ÷ 年開採量，則為 20.8 年。此數字低於鐵礦石（56.0 年）和鋁土礦（80.9 年），以及銅（34.8 年）

表 1 主要金屬採礦量及可採年數 (2020 年)。

	Production	Reserve	Resource	Mine Life
Iron ore	1,500	84,000	230,000	56.0
Bauxite	371	30,000	75,000	80.9
Copper	25	870	3,500	34.8
Nickel	2.5	94	300	37.6
Lead	4.4	88	2,000	20.0
Zinc	12	250	1,900	20.8

Metal content except bauxite, million metric ton
Data:USGS

和鎳（37.6 年）。非鐵金屬中可採年數比鋅低的，是鋅礦石的副產品鉛（20.0 年）。這就是鋅被認為具有高資源風險的原因。

四、鋅資源的實際情況

鋅的資源風險是否真的有可能發生？實際上，在計算可採年數時存在各種問題。首先，美國地質勘探局將埋藏量（Reserve）定義為「根據地質了解品位、質量、規模和深度，且現在可以經濟的開採的礦石量」。換言之，不包括未來通過勘探新發現的礦石或因技術進步而能夠開採的礦石。

事實上，美國地質調查局在 1995 年估計鋅儲量為 1.4 億噸。加上 1996 年到 2020 年的採礦量，在此期間，儲量增加了近 4 億噸。此外由於 1995 年礦石產量為 700 萬噸，當時的可採年數為 20 年，與 25 年後的可採年數幾乎相同。

探勘對礦山是不可或缺的成本，這是不變的事實，雖說只要有 20 年份的礦石就足以攤提大部分投資，但對於礦山來說，尋找比需求更多礦石的價值是很低的。此外鋅礦的規模小於銅礦等，且由於金屬價格低，積極勘探的動機很低，這是儲量比其他金屬較少的原因之一。此外，以前未作為開採目標的礦石若可以開採，儲量將會增加。事實上，由於大型化及導入新技術以致成本降低，從礦山開採的礦石品位隨著時間的推移而下降。

根據海外研究機構發布的鋅長期供需預測，往往呈現出鋅礦枯竭的模型。但實際上，當礦石短缺時鋅價會上漲，結果會促進礦山的增產和新開發，因此從未發生過預期持續性的資源枯竭。該研究機構提出的供需模型，具有鼓勵投資礦山開發的一面。即使儲量因勘探及經濟變化而增加，也可能有人認為鋅資源本身仍是有限的。然而，是不是資源無法與人類經濟行為分開思考，除非人類可以利用，否則不能被稱為資源。美國地質調查局將資源（Resource）定義為，「存在於地殼中，現在或

者將來有經濟利益的，具有一定凝聚力的固體、液體或氣體的濃集部。」因此作為儲量基礎的資源量，若能因技術進步發現新的礦石就會發生變化。美國地質調查局估計，1995 年 18 億噸的資源量，到 2020 年達到 19 億噸。與儲備量同樣，資源的數量也會隨著時間的推移而增加。

此外，礦石產量也會變化。以往鋅的消費量長期在增加，因此認為礦石的產量會相應增加。認為除非儲量增加，否則可採年限將加速減少。然而先進國家的經濟活動重心從商品生產轉向服務業已經有很長一段時間了。此外，至今一直帶動鋅消費增長的中國，也開始了類似的情形，今後的鋅消費量很難繼續像以前相同的速度增加。實際上如前所述，由於需求停滯，近年來礦石產量有下降趨勢。

日後因環保意識的提高，鋅的回收再利用會提高，礦石產量可能會進一步減少。鋅的資源風險應該暫時不會顯現。當然，如果鋅的消耗持續，總有一天會遇到資源枯竭的問題。因此在正確的地方明智地使用有限的資源而不浪費是很重要的。

五、鋅的回收再利用

鋅的主要用途為防銹，由於鋅本身會溶出防止鐵生銹，因此認為鋅是難以回收再利用的金屬。但根據日本獨立行政法人石油天然氣、金屬礦產資源機構的資料，近期對於日本國內需求量的回收率為 25% 左右，與 35% 的銅、33% 的鋁相比，鋅的整體回收率並沒有一般所想的那麼低。鋅的回收中包括製造過程中產生的小碎屑、爐渣、廢舊製品的回收，需要重視的是從廢鍍鋅鋼板及鋼材等廢鐵中回收的鋅。

回收的廢鐵經過各種製程在電爐中融化並再生為鋼鐵。此時鍍過的鋅在電爐的融化過程中被還原蒸發。此外在廢氣中被再氧化並成為電爐粉塵（也稱為 EFA 粉塵）被回收。電爐粉塵中含 20% 左右的鋅，每噸電爐鋼產生 15 ~ 20 公斤電爐粉塵。在日本每年產生約 40~50 萬噸的電爐粉塵，其中一部分被掩埋，但大部分產生的量作為鋅冶煉的原料被

表 2 日本非鐵金屬錠的再生原料比例。

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Zinc	26.3%	24.0%	30.4%	29.5%	28.4%	28.8%	24.8%	22.9%	22.5%	23.8%
Copper	19.5%	22.1%	24.4%	27.5%	23.1%	24.5%	30.3%	32.4%	34.8%	35.2%
Aluminum	29.0%	28.6%	28.7%	36.2%	33.0%	34.7%	35.5%	33.4%	--	--
Lead	76.5%	67.0%	63.3%	61.8%	59.5%	56.8%	60.1%	53.7%	57.4%	62.2%
Nickel	0.1%	0.3%	0.4%	0.1%	0.1%	2.1%	1.9%	1.9%	1.7%	1.8%
Zinc	12	250	1,900	20.8						

Data:JOGMEC

表 3 全球鋅錠生產中的二次原料比例。

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
World	6.3%	6.4%	6.5%	6.6%	7.0%	6.9%	8.5%	9.8%	11.1%	12.1%
America	8.1%	9.4%	7.5%	4.9%	3.7%	2.3%	2.0%	2.0%	2.1%	5.8%
Asia*	4.7%	4.1%	4.6%	4.9%	5.4%	5.4%	7.5%	8.9%	11.2%	12.1%
China	1.5%	1.0%	1.3%	1.4%	2.0%	2.2%	3.7%	4.4%	6.2%	6.8%
Japan	18.4%	19.6%	19.9%	21.4%	19.2%	17.8%	16.6%	15.2%	16.9%	15.9%
Europe	11.9%	12.9%	13.9%	15.0%	16.4%	16.8%	18.0%	19.9%	19.4%	18.7%
Other	1.9%	2.0%	1.2%	1.2%	1.2%	1.4%	1.4%	1.3%	1.5%	1.3%

*Include China and Japan

Data:International Lead and Zinc Study Group

回收再利用。有幾種方法可以從電爐粉塵中回收鋅，代表性的韋爾茲 (Waelz) 法，是將電爐粉塵的主要鋅成分的鋅鐵氧體，放入迴轉爐，用焦炭揮發還原，產生的鋅蒸氣在空氣中被氧化，並形成鋅等級 50% ~ 60% 的粗氧化鋅 (ZnO) 被回收。以這種方式回收的粗氧化鋅作為二次原料賣給鋅精煉廠，再生為鋅錠。

根據 ILZSG 公佈的統計數據，2020 年全球鋅錠產量為 1,380 萬噸。其中 170 萬噸，比率 12.1% 是由二次原材料生產的（表 3）。二次原料的比例到 2016 年為止，保持在 6% 的範圍，可看到該比例在最近幾年快速上升。最大原因是由於世界最大的鋅錠生產國，中國的二次原材料比例上升。

中國從環境措施與保障資源的角度，近年來一直關注回收利用。2012 年僅為 0.97% 的二次原料比例，在 2020 年已迅速增加到 6.78%。在歐洲及中國以外的亞洲，二次原材料的比例也在增加，未來這種趨勢還會持續。

電爐煉鋼過程中排放的二氧化碳（CO₂）量，據說是使用鐵礦石和煤焦炭的高爐的四分之一。因此從減少溫室氣體的角度，新日鐵宣布了到 2030 年前在日本建造一座由廢鐵原料製成的大型電爐之政策，日本也正在重新審視電爐。2020 年日本出口的廢鐵為 937 萬噸，隨著日本電爐鋼產量的增加，有望進一步促進鋅的回收利用。

為了實現碳中和社會，需要各種努力，例如回收利用。但延長鋼材壽命上不可或缺的防銹技術，也將發揮更重要的作用。

六、總結

鋅由於其優異的物理和電氣性能，防銹之外也應用於各種用途。一般認為鋅的可採年數較短，可能是因經濟性原因勘探沒有進展，並非處於資源危機狀態。只要是消耗性資源，終有一天可能會發生資源枯竭問題，但目前沒有令人擔心枯竭的情況。隨著未來碳中和社會的發展，鋅供需結構或許發生較大變化，需在正確的地方不浪費且明智地使用正確的材料。

※ 本文編譯自山中和彥（Kazuhiko Yomanaka）先生著作「亜鉛の今後の動向」一文，該文發表於 2022 年 No.3 日本防銹管理中，經日本防銹技術協會同意翻譯轉刊登於本雜誌。

長春彰濱二廠 EHP 雙氧水廠房鋼構熱浸鋅工程

陳鴻興¹

¹ 慧鋼企業股份有限公司 經理



工程名稱：長春彰濱二廠 EHP 雙氧水廠房鋼構熱浸鋅工程
 業主：長春石油化學股份有限公司
 設計單位：得藝實業有限公司
 營造廠商：杉鴻營造有限公司
 鋼構工程：壯捷工程有限公司
 熱浸鋅廠商：慧鋼企業股份有限公司
 熱鋅鋼構總量：約 1,667 公噸
 熱鋅鋼構金額：約 1.8 億元
 動工日期：110 年 2 月
 竣工日期：110 年 10 月

一、長春集團概述

成軍逾 70 年的長春集團，是台灣規模第二大的化工集團（僅次於台塑），2021 年集團總營收超過 4000 億元，長春集團旗下總共有二十四家公司，三大旗艦公司則為長春樹脂、長春石化以及大連化工主要公司所組成。於 1949 年創立了長春人造樹脂廠，為長春企業集團播下了第一顆種子。1964 年長春石油化學公司成立，這是長春企業集團的第二家核心公司，此乃台灣石化工業之先鋒。1979 年大連化學工業公司成立，生產醋酸乙烯單體，這是長春企業集團的第三家核心公司。

集團總裁林書鴻表示，長春集團從水平到垂直整合全方位發展，也延伸出多角化、高值化的產品線，甚至跨足到與本業截然不同的市場；在新領域照樣發光發熱，靠的就是長春集團在研發上不手軟持續投資，每年提撥 4% 的營收、逾百億元金額作為研發經費，比起全台高科技公司平均不到 3% 的比率，研發經費更是高出一大截。

長春集團的產品主要應用在五個領域：合成樹脂、電子材料和化學品、工程塑料、功能材料和石油化工原材料，應用範圍包含半導體、印刷電路板、鋰離子電池、LCD 面板、電腦、汽車零組件、塗料、建築材料、塑膠、油墨以及醫療材料等等。集團總裁林書鴻表示為配合台積電赴美設廠及兩岸、新加坡四地擴廠，啟動包括銅箔、電子化學品與 VAE 之三年投資大計，投資總額近 17 億美元，逾 480 億元台幣。此外，長春集團也因應台積電南京廠及光電面板化學品需求，在揚州儀征化工園區設立大型高純度電子級雙氧水、TMAH 顯影劑、PM 溶劑生產工廠，已於 2021 年 6 月開始投產。此外，長春集團目前還有台灣彰濱、苗栗及大陸漳州三項電子化學品投資推動中，其中漳州電子化學品廠已試車出貨，支援台廠在大陸半導體布局耕耘；苗栗年產 5 萬噸工業級雙氧水（100% 計）預計 2022 年 9 月投產。期盼透過上述台、美、中共六項、11.4 億美元電子化學品投資，全面擴大半導體應用版圖。

二、長春石化彰濱二廠產品應用

長春石化彰濱二廠位於彰化縣線西鄉(圖1)，主要生產半導體產業用高純度雙氧水，其用途用於SPM製程及APM製程，雙氧水分別為硫酸或氨水搭配使用，作為清洗半導體晶圓用途，要求純度極高，不能有任何雜質。目前包括台積電清洗5奈米製程所需的電子化學品—高純度雙氧水、5奈米所需的TMAH(四甲基氫氧化氨)顯影劑、稀釋劑等多項電子化學品，長春集團都是主要供應商；此外為配合台積電往3奈米、2奈米發展，長春集團也積極展開研發中。預計2023年8月投產新建年產5萬噸高濃度級雙氧水(100%計)，供電子級雙氧水之用。現今長春集團在已生產工業用、醫藥用雙氧水基礎下，成功開發半導體產業用高純度雙氧水，都是台灣兩兆產業製程中不可或缺的關鍵物料，台積電及聯電也都是長春集團大客戶。長春集團為台灣最大雙氧水製造商，作為半導體廠清洗晶圓的重要化學品，且為台灣市佔率最高之製造商。

三、防蝕系統設計

濱海地區環境除受到強烈海風吹襲(高濃度氯離子)及酸雨的侵蝕下(氮氧化物NOX及硫氧化物SOX)外，石化工業所排放的SOX量特別高(圖1)，為避免硫氧化物的腐蝕，「長春石化彰濱二廠」於興建廠房規劃時，防蝕設計考量有二：1. 降低投資成本，確保設施壽命及減輕設備維護管理工作。2. 採用綠色工法、綠色材料，導入循環經濟的概念，節能、減碳、減廢、防災、安全等。經綜合評估後防蝕系統採熱浸鋅+3道油漆(雙重防蝕系統1+1>2)。主結構鍍鋅層膜厚設計值為 $100\ \mu\text{m}(720\text{g}/\text{m}^2)$ 以上(表1)，其他附屬結構物鍍鋅層膜厚設計值為 $75\ \mu\text{m}(535\text{g}/\text{m}^2)$ 以上，經實際量測主結構物鍍鋅層平均膜厚至少有 $120\ \mu\text{m}(864\text{g}/\text{m}^2)$ 以上(圖2)，附屬結構物平均膜厚至少有 $90\ \mu\text{m}(648\ \text{g}/\text{m}^2)$ 以上，約可達1.5~3.0倍之壽命，不僅大大提高鋼結構物防蝕成效，更能延長鋼結構物的使用壽命，

表 1 熱浸鋅膜厚報告。

慧鋼企業股份有限公司

STEELGUARD CO., LTD.

熱浸鍍鋅檢驗報告表

THE INSPECTION REPORT OF HOT DIP ZINC COATING

客戶名稱： Customer		壯捷工程有限公司					鍍鋅總膜厚： Test Requirements		100µm (720g/m ²)		
工程名稱： Subject Name		長春彰濱二廠EHP雙氣水廠房鋼構熱浸鋅工程					測定器： Inspection Facility		電磁式膜厚計		
商品名稱： Merchandise		鋼構									
構件編號	日期	附著量檢驗(單位:µm) Thickness of Coating					平均 總膜厚 Average (µm)	換算 1µm= 7.2g/m ²	鍍鋅 外觀 Appearance	結果 Test Result	
		1	2	3	4	5					
項次	Part NO.	Date	膜厚	膜厚	膜厚	膜厚	膜厚				
1	A1C39	2021/4/10	148	122	159	116	116	132	950	合格	合格
2	A1C40	2021/4/10	123	139	154	131	138	137	986	合格	合格
3	A1C41	2021/4/10	120	141	158	141	154	143	1030	合格	合格
4	A1C42	2021/4/10	120	143	158	121	145	137	986	合格	合格
5	A1C43	2021/4/10	103	129	124	149	113	124	893	合格	合格
6	A1CF1D	2021/4/10	155	157	246	196	190	189	1361	合格	合格
7	A1CF1E	2021/4/10	226	208	232	216	176	212	1526	合格	合格
8	A1CF1F	2021/4/10	229	248	157	223	168	205	1476	合格	合格
9	A1CF1G	2021/4/10	192	191	210	191	197	196	1411	合格	合格
10	A1CF2D	2021/4/10	227	234	198	203	211	215	1548	合格	合格
11	A1CF2E	2021/4/10	177	166	246	176	176	188	1354	合格	合格
12	A1CF2F	2021/4/10	181	200	167	208	175	186	1339	合格	合格
13	A1CF2G	2021/4/10	161	150	151	227	237	185	1332	合格	合格
14	A1CF3D	2021/4/10	170	229	223	179	219	204	1469	合格	合格
15	A1CF3E	2021/4/10	234	215	151	249	179	205	1476	合格	合格
16	A1CF3F	2021/4/10	194	156	166	211	197	185	1332	合格	合格
17	A1CF3G	2021/4/10	225	209	173	163	200	194	1397	合格	合格
18	A1CF4D	2021/4/10	237	196	212	245	177	213	1534	合格	合格
19	A1CF4E	2021/4/10	165	230	167	243	217	204	1469	合格	合格
20	A1CF4F	2021/4/10	220	211	179	160	224	199	1433	合格	合格
21	A1CF4G	2021/4/10	245	248	155	194	185	205	1476	合格	合格
22	A1CF5D	2021/4/10	188	176	204	163	236	193	1390	合格	合格
23	A1CF5E	2021/4/10	186	182	237	173	210	197	1418	合格	合格
24	A1CF5F	2021/4/10	217	211	183	216	170	199	1433	合格	合格
25											
26											
27											
28											
29											
30											

STEELGUARD Enterprise CO., Ltd.
Quality Control Department
慧鋼企業股份有限公司品質部專用章

品保部：陳鴻興
Q.C.Department
慧鋼企業股份有限公司
(820)高雄市岡山區嘉新東路2號
E-mail: stg5188@ms35.ninet.net
電話:07-6226978#227
傳真:07-6235265
製表:楊佩欣

推估鋼結構物使用 35 年以上免維護保養 (表 2)。長春集團自許為值得信賴的材料供應者。除了持續提供客戶品質優良的產品外，工安是企業永續經營的基礎，值得企業長期投資，長春集團等大型石化企業在石化工安文化之建立上起帶頭作用，投入更多資源提升安全衛生管理水準，善盡企業社會責任。

表 2 熱浸鍍鋅在各種環境的腐蝕速率 (中華民國熱浸鍍鋅協會網站)。

暴露環境	腐蝕速率 (g/m ² /年)	平均 (g/m ² /年)	耐用年限 (註) 平均
重工業地區	28~40	34	16
都市地區	12~18	15	36
海岸地區	11~14	13	42
田園地區	5~12	9	60
山間地區	3~8	6	90
乾燥地區	2~5	4	135

註：

1. 以附著量 600g/m² 來估計。
2. 參考日本熱浸鍍鋅環境。
3. 1 μm = 7.2 g/m²。

熱浸鍍鋅服務壽命評估

根據 JIS H8641，熱浸鍍鋅的服務年限為鍍鋅量的消耗達 90% 以上的情況，如下方程式所示。

$$\text{服務年限} = \frac{\text{腐蝕速率 (g/m}^2\text{/年)}}{\text{鍍鋅量 (g/m}^2\text{)}} \times 0.9$$

四、後敘

台灣位於特殊海島型高溫、高溼氣候環境，而「長春彰濱二廠地區」屬 C5 級高腐蝕環境，該石化廠廠房結構及管線大都位於腐蝕環境極高之沿海地區，且石化設備操作常處於高溫、高壓或高腐蝕環境，設備管線會容易腐蝕劣化而破損，最後常因洩漏導致重大意外事故，造成停廠損失。近年來石化廠火災及 103 年高雄氣爆等嚴重工安問題引起社會極大不安。又因石化工廠多屬於連續製程，操作時間長且無法停俾檢修，其風險程度較其他行業高，因此如何做好鋼結構及設備管路的防蝕工作是極為重要的。

「熱浸鍍鋅」一直以「鋼鐵防蝕守護者」自詡，其原因是鋅金屬是相對便宜、有效、具經濟效益的大氣防蝕方法，鋅的特性不只可以包覆鋼鐵跟鋼鐵產生合金層，還兼具「犧牲陽極」的特性，當鋅與鋼鐵在一起，能使鋼鐵不生銹，達到保護鋼鐵的作用。



圖 1 長春石化彰濱二廠地理位置。

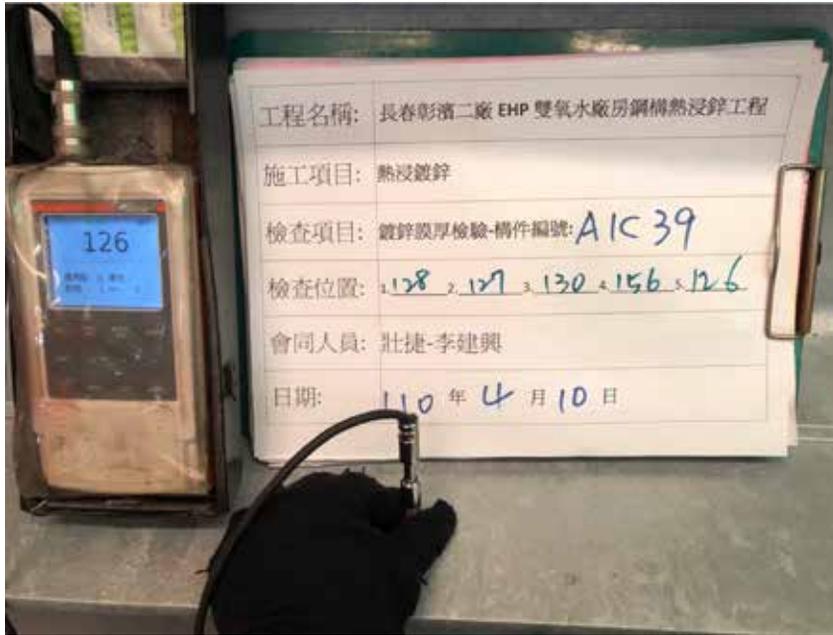


圖 2 廠房鋼構鍍鋅層膜厚量測。



圖 3 長春彰濱二廠 EHP 雙氧水廠房鋼構 -1。



圖 4 長春彰濱二廠 EHP 雙氧水廠房鋼構 -2。



圖 5 長春彰濱二廠 EHP 雙氧水廠房鋼構 -3。



圖 6 長春彰濱二廠 EHP 雙氧水廠房鋼構 -4。



圖 7 長春彰濱二廠 EHP 雙氧水廠房鋼構 -5。



圖 8 長春彰濱二廠 EHP 雙氧水廠房鋼構 -6。



圖 9 長春彰濱二廠 EHP 雙氧水廠房鋼構 -7。



圖 10 長春彰濱二廠 EHP 雙氧水廠房鋼構 -8。



圖 11 長春彰濱二廠 EHP 雙氧水廠房鋼構 -9。



圖 12 長春彰濱二廠 EHP 雙氧水廠房鋼構 -10。



圖 13 長春彰濱二廠 EHP 雙氧水廠房鋼構 -11。



圖 14 長春彰濱二廠 EHP 雙氧水廠房鋼構 -12。

2022 年 1~6 月份生產統計表

2022 年 1~6 月份熱浸鍍鋅產量統計表（產業別）

類別 年月	生 產 類 別 (單位:噸)												合計
	公路	鐵路	電力能源	通訊	石化業	營建	農業	環保	科技	造船	下水道工程	其他	
2022 年 1 月	2,221	1,562	4,033	666	4,022	5,181	612	558	2,277	298	483	2,553	24,466
2022 年 2 月	1,834	1,024	2,776	386	2,690	4,402	502	408	1,505	188	391	1,823	17,929
2022 年 3 月	2,322	1,501	4,147	525	3,810	7,444	600	782	2,207	345	546	2,837	27,066
2022 年 4 月	2,091	1,550	3,709	598	4,240	6,008	595	588	2,343	299	485	2,295	24,801
2022 年 5 月	2,258	1,690	3,708	600	3,859	6,173	608	629	2,173	277	481	2,650	25,106
2022 年 6 月	2,353	1,504	2,953	649	3,586	6,718	610	616	2,834	263	516	3,109	25,711
合 計	13,079	8,831	21,326	3,424	22,207	35,926	3,527	3,581	13,339	1,670	2,902	15,267	145,079
月平均	2,180	1,472	3,554	571	3,701	5,988	588	597	2,223	278	484	2,545	24,180

2022 年 1~6 月份熱浸鍍鋅產量統計表（產品別）

類別 年月	生 產 類 別 (單位:噸)																				合計						
	H 型鋼	鋼管	鋼橋	花板	角鋼	護欄板	槽鋼	線槽	鋼網	C 型鋼	鐵板	欄杆	彎頭及配件	燈管	輕鋼橫樑	格柵板	鋼筋	電力配件	電信配件	鍛造花窗		螺帽	螺栓	華司	鏈條	鐵配件	其他
1 月	8,427	3,317	557	655	1,449	27	1,254	236	294	811	792	648	387	370	106	1,386	730	366	211	413	219	363	34	22	565	827	24,466
2 月	5,815	2,179	283	533	1,414	23	920	204	214	395	479	547	335	339	49	1,356	351	232	173	328	147	278	41	19	475	800	17,929
3 月	9,468	3,758	261	664	1,982	29	1,351	255	290	857	788	662	416	534	71	1,278	764	365	226	449	243	480	59	29	650	1,137	27,066
4 月	8,048	4,415	266	619	1,786	30	1,228	274	237	874	741	653	411	412	75	1,324	540	323	211	504	192	441	20	9	352	816	24,801
5 月	8,889	3,871	256	557	1,826	32	1,313	254	267	699	719	655	424	414	107	1,004	773	345	240	364	174	421	40	22	340	1,100	25,106
6 月	8,746	3,455	353	643	1,826	32	1,273	277	299	769	718	756	399	537	141	1,315	884	381	199	455	137	392	22	21	631	1,050	25,711
合 計	49,393	20,995	1,976	3,671	10,283	173	7,339	1,500	1,601	4,405	4,237	3,921	2,372	2,606	549	7,663	4,042	2,012	1,260	2,513	1,112	2,375	216	122	3,013	5,730	145,079
月平均	8,232	3,499	329	612	1,714	29	1,223	250	267	734	706	654	395	434	92	1,277	674	335	210	419	185	396	36	20	502	955	24,180

調查單位：中華民國熱浸鍍鋅協會

提供單位：臺鍍觀音廠，力鋼，邦凱，台塔，尚燁，昕一，盟雅·由仁，臺鍍台南廠，臺鍍高雄廠，慧鋼，易宏，亨欣，慈陽等共計 14 家工廠。

中華民國熱浸鍍鋅協會合格熱浸鍍鋅廠商名冊

編號	公司名稱	鍍鋅爐尺寸	通訊住址	連絡電話	有效期限
1	台灣鐵塔股份有限公司	14.0×1.8×2.2	325桃園市龍潭區八德里湧光路一段136號	03-4792201	113.09.30
2	臺鍍科技股份有限公司觀音廠	16.0×1.8×3.0	328桃園市觀音區成功路2段919號	03-4837966	113.09.30
3	臺鍍科技股份有限公司高雄廠	12.5×1.5×2.3	821高雄市路竹區中山路259號	07-6973181	113.09.15
4	慧鋼企業股份有限公司	16.5×1.8×3.3	820高雄市岡山區嘉新東路2號	07-6226978	113.09.15
5	力鋼工業股份有限公司	12.5×1.8×2.5	324桃園市平鎮區東勢里19鄰快速路一段246巷158號	03-4503511	113.09.30
6	易宏熱鍍鋅工業股份有限公司	17.0×1.8×3.2	831高雄市大發工業區大有三街15號	07-7873377	112.01.15
7	亨欣工業股份有限公司	13.0×1.8×3.3	812高雄市小港區永光街2-2號	07-8068007	112.01.15
8	盟雅工業股份有限公司	14.0×1.9×3.2	521彰化縣北斗鎮四海路二段1號	04-8880775	112.01.15
9	尚燁工業股份有限公司	13.0×2.0×3.2	338桃園市蘆竹區蘆竹里蘆竹街147號	03-3221411	112.05.15
10	由仁工業股份有限公司	13.0×1.85×2.7	507彰化縣線西鄉寓埔村彰濱東8路7號	04-7910255	112.05.23
11	邦凱工業股份有限公司	13.2×1.6×2.5	328桃園市觀音工業區工業二路26號	03-4837373	112.06.15
12	物格股份有限公司	14.0×1.85×3.2	505彰化縣鹿港鎮工業西六路25號	04-7810326	111.11.30

※說明：

- 1、本表熱浸鍍鋅合格廠係由本會熱浸鍍鋅合格認證委員會委員，依據熱浸鍍鋅合格認證制度規程及合格認證基準審查通過，認定為本會熱浸鍍鋅合格廠，每次認證期限為2年，2年後得更新提請認證。
- 2、本表將於本會網站及每期熱浸鍍鋅雜誌刊登。
- 3、本會熱浸鍍鋅合格認證委員會成員如下：

本會熱浸鍍鋅合格認證委員會成員

主任委員	胡文虎	前內政部營建署材料試驗室主任
委員	陳嘉昌	財團法人金屬工業研究發展中心組長
委員	羅俊雄	工業技術研究院正工程師

熱浸鍍鋅加工建議價格表

項目 單價	橋梁		鋼筋		廠房結構		格柵板	鋼材 (標準尺寸)	護欄板	標誌架
	箱型	I型梁	直筋	箍筋	H	箱梁				
單價 (元/公斤)	12~14	10~13	12~15	20~25	10~12	12~14	15~20	12~15	16~18	15~18
備註： 1.本建議價格將在本會網站及每期鍍鋅雜誌刊登，係以當時鋅原料價格(2022年05月)加上合理利潤算出。 2.本建議價格包含熱浸鍍鋅前處理部份，並以一次鍍作完成為準，不包含額外包裝及運輸費用。										

熱浸鍍鋅結構物設計要點

管件加工品

管件的加工品

中空管之製品，有密閉和未密閉空氣流通之構造物，詳載在(440℃)之密度約6.7g/cm³，詳載在此時浮力最大，所以結構物無法作業。

密閉結構物會產生爆炸之危險

焊接有缺陷之地方，水份會滲入內部後，在熱浸鍍鋅時其體積會膨脹到3000倍以上，內部壓力會一瞬間上昇到10個氣壓以上，也就是說會產生「水蒸氣爆炸」零件會發生破壞，而零件會飛到人員身上，而造成工作人員之危險。

管件的加工品

每一接合部位，須有預留孔

每一接合處之預孔，內部應塗黃漆

立體的平面加工部份，和端角均應預留孔

每一轉角部位，須有預留孔

通氣孔應可能的在端角內側，依直徑之大小預留孔8~30*，孔徑之大小=直徑×0.25，最低以8*以上。

①：最好精確均釋放。
 ②③：切管大小應讓30%以上解放，直徑如果未達到76mm以下，則必須釋放45%以上。
 ④：②及③狀況時，則在本層180°之位置切角切角之方法：
 每：直徑152cm
 A=半徑44mm B=寬度19mm
 C=直徑76mm D=半徑41mm

型鋼加工品

型鋼加工品

鋼加工切角之大小為15R~35R左右(僅限於H-100~H-300之型鋼)

平面的預留孔

上圖之例，在每一轉角處，因會積留空氣各銹液，故在a-a'和b-b'之處開通氣孔。

立體的加工品

角管加工品

角管的加工品

通氣孔必須儘可能接近轉角處

下圖將預留孔之例

合部內部也須預留孔

上圖之直徑預留孔位置

另一方法

各接合部位預留孔位置之例

各處密封處預留孔位置之例

重疊接合的製品

點焊時，焊接部位的縫隙，彈力，會因水份滲入，而在熱浸鍍鋅時產生鏽不上，銹水會溢出表面，且也會因所滲入之水份而造成鏽壞之現象，致使焊接部位因而產生裂縫。

所以平面的接合部位，必須清除全部的水氣，而以全周銲接合，另外重疊二片鋼板之接合時，如因不同厚度之鋼板，銲接後可能會發生變形，龜裂之現象。

直徑在30~200mm以下全周銲
 直徑在30~200mm以上，則應採用點焊

重疊部份
 必須除去污物

角箱和桶類之製品

視箱之大小，來決定通氣孔孔徑、數量、大小之不同；另須採用吊耳，以利用熱浸鍍鋅之作業

管徑內有補強板之製品

角部切角

中央預留孔

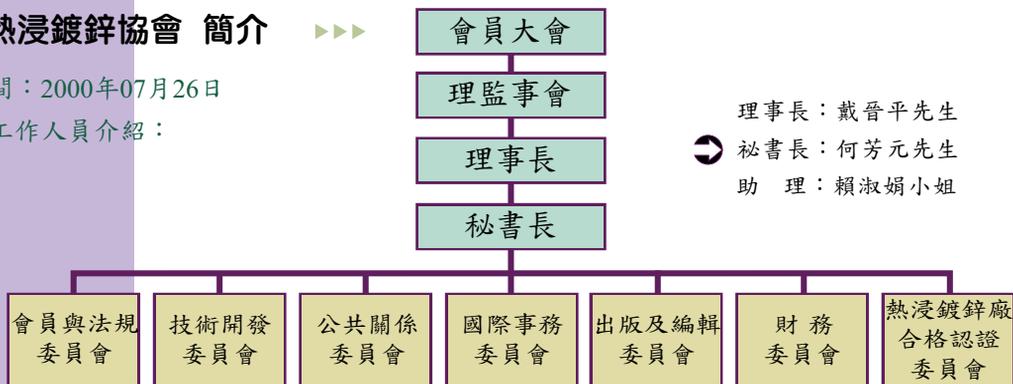
中央部位預留孔和角部預留孔之大小如右表：

箱之尺寸(H+W)	中央孔和切角孔之直徑φ
400以上	25以上
300~400	30以上
200~300	40以上

中華民國熱浸鍍鋅協會簡介 財團法人中華民國熱浸鍍鋅防蝕技術研究基金會簡介

中華民國熱浸鍍鋅協會 簡介

- 一、成立時間：2000年07月26日
- 二、組織及工作人員介紹：



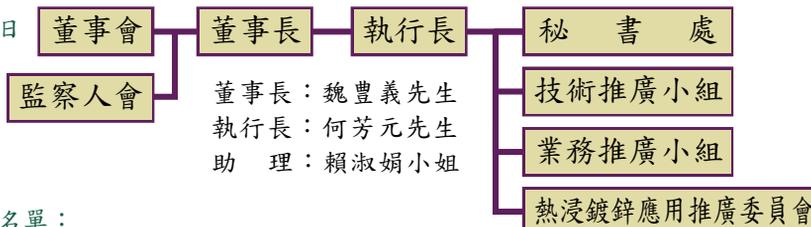
理事長：戴晉平先生
 秘書長：何芳元先生
 助理：賴淑娟小姐

三、第八屆理監事名單：

編號	姓名	職稱	編號	姓名	職稱	編號	姓名	職稱	編號	姓名	職稱
1	戴晉平	理事長	8	石磊	理事	15	張文川	理事	22	李文隆	監事
2	蕭勝彥	常務理事	9	李家順	理事	16	廖肇昌	候補理事	23	楊聰仁	監事
3	陳麒文	常務理事	10	王慶一	理事	17	林曜滄	候補理事	24	楊松隆	監事
4	梁銘倫	常務理事	11	彭振聲	理事	18	羅俊雄	候補理事	25	葉乙平	監事
5	鄭錦榮	常務理事	12	許皇義	理事	19	陳益勝	候補理事	26	楊木榮	候補監事
6	施漢章	理事	13	吳福祥	理事	20	黃文忠	候補理事	27	鄭添富	榮譽理事長
7	鄭旭成	理事	14	邱琳濱	理事	21	魏豐義	常務監事	28	陳麒文	榮譽理事長

財團法人中華民國熱浸鍍鋅防蝕技術研究基金會簡介

- 一、成立時間：1989年07月07日
- 二、組織及工作人員介紹：



董事長：魏豐義先生
 執行長：何芳元先生
 助理：賴淑娟小姐

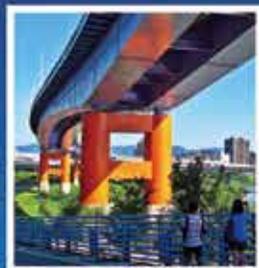
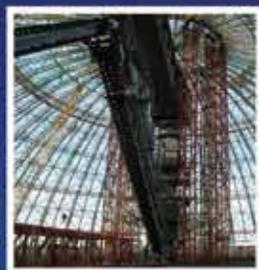
三、第十一屆董事（監察人）名單：

編號	姓名	職稱	編號	姓名	職稱	編號	姓名	職稱	編號	姓名	職稱
1	魏豐義	董事長	5	陳麒文	董事	9	戴晉平	董事	13	彭振聲	董事
2	李文隆	董事	6	潘錫富	董事	10	施漢章	董事	14	李家順	常務監察人
3	鄭添富	董事	7	蕭勝彥	董事	11	鄭錦榮	董事	15	胡文虎	監察人
4	鄭旭成	董事	8	王和源	董事	12	鍾自強	董事	16	張信	監察人

協會、基金會聯絡處

住址：806026 高雄市前鎮區一心二路33號11樓B2室 電話：07-3320958~9 傳真：07-3320960
 Email：galvanat@ms63.hinet.net 網址：http://www.galtw.org.tw

綠色建築 · 永續經營



鋼結構特點

- ★ 適合大跨距結構。
- ★ 施工迅速容易，工期短、成本回收快。
- ★ 高韌性，高展延性。
- ★ 重量輕，構材斷面小，使用空間面積大。
- ★ 產業結構健全，材料加工品質嚴密。
- ★ 材料可回收使用，與綠建築-地球資源有效利用，減少廢棄物及生態環境衝擊之理念吻合。
- ★ 接合拆除容易。

TISC

中華民國鋼結構協會

10477台北市中山區民權東路三段58號10樓

電話：(02) 2502-6602

傳真：(02) 2517-2526

<http://www.tiscnet.org.tw>

Email: cisc@ms13.hinet.net

一份真正屬於工程界的專業雜誌

創於 1980 年

現代營建雜誌 每月發行

創刊42週年 1980~2022



每期內容涵括建築、土木專業性文章報導，有土木技術、大地工程、建築技術與設計、結構設計、工程法務、營建管理、房地產行情及營建類股變動分析等專欄，理論與實務兼具，是工程師、建築師、營造建設業等從業人員不可或缺的良師益友。

多一份資訊 就是多一份力量
現在訂閱 永不嫌遲

零售每本 150 元

訂閱一年(12期) **1500 元** 訂閱二年(24期) **2900 元**

★★★若需掛號寄書一年加收 420 元、二年加收 840 元★★★

★★★相關科系學生訂閱有特價優惠，請附學生證影本★★★

歡迎試閱，來電或傳真相關資料即贈閱當期月刊壹本。

試閱專線(02)2551-8906 傳真(02)2571-9333

優惠協會會員

訂閱一年 12 期 **8折** 1200 元 · 訂閱二年 24 期 **8折** 2300 元

如需掛號寄書一年加收 432 元，二年加收 864 元

大樓鋼構工程施工及管理要領

馮春源 編著 定價500元(精裝/16開/398頁)

台灣大樓鋼結構工程雖然已有十幾年之歷史，但國內有關大樓鋼結構工程管理的中文資料極為缺乏。編者歷經十幾年之施工管理實務經驗，在工作之餘，將以往常用之管理手法整理成冊。本書依工程作業流程編排並分為規劃管理、工廠製造管理、工地安裝管理等三部份，另將非破壞檢測、銲工檢定及品質管理要領書、世界各主要規格對照表作為附錄。內容均依作業程序另加說明，並將常用之管理重點摘要為管理要領，希望對同業與學界之朋友能有參考價值。

現代營建雜誌社

電話：(02)2551-8906

傳真：(02)2571-9333

郵撥帳號：01510899

戶名：現代營建雜誌社





立夏

『二十四』插畫展

展期：2020/0222-0322

地點：板橋435藝文特區

小滿



『二十四』插畫展 -- 即將於本月底假板橋435藝文特區舉辦，展出者是本名楊佳運的年輕插畫師，在2018年3月21日起，便以「二十已」這個稱號誕生了。

二十已作品風格細膩、寫實，白紙上除了黑色墨水勾勒而成的點、線、面以外，也伴隨著深刻且蘊含寓意的文字，作品多以隱晦、象徵性的元素來傳達作者的想法，略帶的悲傷是創作者本身對事物的觀點也是現實中所面臨的真相。

本展覽由新北市政府、新北市政府文化局、板橋435藝文特區、海峽前鋒文化共同主辦，並由海峽畫報發起及協辦，獨立策展人郭芷芸策展。

2022 訂戶預繳報費優惠專案



【莊園級/呼叫咖啡】

呼叫咖啡是來自雲山山脈，位於1200-1680公尺山谷的雲南莊園的咖啡豆，在得天獨厚的氣候和地形條件中栽種的阿拉比卡原豆，並採用有機栽種，經48小時熟成、發酵、水洗、日曬，提供給喜愛咖啡的人士高品質的精品咖啡。

創新包裝的浸泡式咖啡(中度烘焙)，特別適合講究品味的商務人士，內容量達13g/包(一般商品僅8g)

訂戶讀者會員價315元/盒
(3盒免運費)



規格：13g/包x10包/盒
保存期限：24個月

訂戶預繳一年報費9000元，即贈【莊園級/呼叫咖啡】三盒。市價逾一千元

或 選擇優惠折扣價8500元 (優惠二選一)

服務專線：02-82192298(158) 傳真：02-82192286

總管理處：新北市新店區建國路257號五樓之12 電子報網址：<http://www.cfnews.com.tw>



亨欣工業股份有限公司

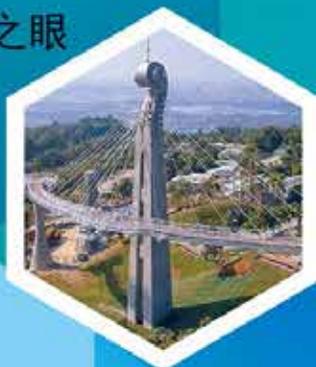
HENCEFORTH SHINE INDUSTRY CORP

ISO 9001(2015年版)國際品質保證

- 高雄市小港區永光街2-2號
ADD:NO, 2-2 Yung-Kwang st. Kaohsiung Taiwan R.O.C.
- TEL:886-7-8068007 FAX:886-7-8062466
- E-mail:hen.shin@msa.hinet.net

- 鍍鋅槽尺寸：長13.0M × 寬1.8M × 高3.3M
- 處理能力：每月產能5000噸 單一構件最大負重15噸
- 自結構物到鋼管，各種形狀的鍍鋅構件都可以鍍作

岡山之眼



大連案

流行音樂中心



長光部落風雨球場



臺鍍科技股份有限公司

tg co., ltd.

防蝕專家 三重保證—品質、服務、創新



鹿港福興橋



桃園展演中心



台灣歷史博物館
光電雲牆

真理大學
體育館



鍍鋅爐尺寸

桃園廠：16m×1.8m×3.0m / 3.0m×0.7m×1.0m

高雄廠：12.5m×1.5m×2.3m

台南廠：4.5m×1.2m×1.8m / 3.7m×0.8m×1.2m

單件最大荷重能力→桃園廠：40噸 / 高雄廠：10噸

本公司榮獲 ISO 9001 品質認證專業熱浸鍍鋅廠商

熱浸鍍鋅特點：

- 耐腐蝕性強
- 經濟效益高
- 耐用年限長
- 省時又省力



總公司：台北市松山區南京東路三段287號5樓
Tel：02-25617665 Fax：02-27123686
網址：<http://www.tgnet.com.tw>
E-mail：tgpark@ms32.hinet.net

桃園廠：桃園市觀音區成功路二段919號
Tel：03-4837966 Fax：03-4837735
E-mail：tg.ky@msa.hinet.net

高雄廠：高雄市路竹區中山路259號
Tel：07-6973181 Fax：07-6966311
E-mail：tg01@ms24.hinet.net

台南廠：台南市山上區明和里北勢洲76號
Tel：06-5783702 Fax：06-5783550
E-mail：hyg@tgnet.com.tw

適用範圍：

鋼構橋梁、鋼構廠房、道路護欄板、
格柵板、路燈、標誌桿、螺栓、螺帽、
華司及其他鋼鐵配件。

高雄市岡山區嘉新東路2號
NO.2 Chiahsin East Road, Kangsnan Kaohsiung Taiwan
TEL : (07)6226978 FAX : (07)6221774



熱浸鍍鋅 — HOT DIP GALVANIZING

鋼鐵製品之最佳防蝕處理！

小自螺絲、螺帽及其他零組件

大至鋼鐵橋樑、廠房鋼結構

我們的理念是 — 只要有鐵的地方就能夠，也應該做『熱浸鍍鋅表面防蝕處理』



高雄海洋文化及流行音樂中心



中油林園新六輕廠房結構

服務項目

結構爐 (16500×1800×3300mm)

最大載重能力：30噸

- 路燈、標誌桿、護欄板、鋼管、格子板、水溝蓋、熱交換器、桁架、鐵塔、電力電信構件、橋梁廠房等各類鋼構物。

配件爐 (3000×1000×1200mm)

- 螺栓、螺帽、鉚釘、墊圈等小型鋼鐵製品及扣件。

盟雅工業股份有限公司

MENG YEA INDUSTRY CO., LTD

熱浸鍍鋅專業處理



日月潭纜車鋼結構



台北捷運內湖車站



台中大肚溪水管橋



台塑六輕輸油管架

公司簡介

- 鍍鋅爐：長14米、寬1.9米、深3.2米
- 最大產能：每月5000公噸
- ISO 9001：國際品質認證

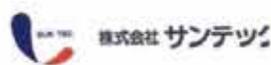
服務項目

- 鋼構廠房、鋼構橋樑
- 型鋼鐵材、農業溫室
- 公共工程、電信電力

地址：彰化縣北斗鎮四海路二段一號(北斗工業區) 服務電話：04-8880775~7 傳真：04-8872307

安全第一 品質至上 技術為先

信譽的標誌 鐵塔 · 橋樑名廠



住電朝日精工株式会社
SUMIDEN ASAHI INDUSTRIES, LTD.



株式会社 巴コーポレーション
TOMOE CORPORATION



佐賀工業株式会社



高鐵車站天花板



輸電鐵塔



太魯閣砂卡礑溪鐵橋



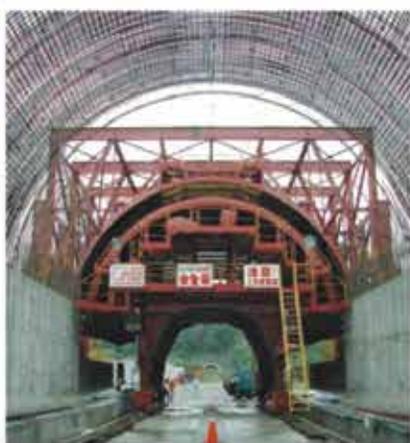
防止墜落裝置



高鐵輸配電鋼架



大型鋁合金太陽光電板架



高鐵隧道內外鋼模台車



板橋國中太陽光電結構

營業項目：

1. 輸電鐵塔、微波鐵塔、鋼管樁、鋼骨結構、各類鐵塔
2. 輸送機械、停車塔、標準廠房、空間桁架、拱橋
3. 隧道棧橋、防水布台車、鋼筋台車、鋼模作台車、棧橋
4. 鐵路及高鐵輸配電鋼構、防音構造、其他鐵件製品
5. 防墜裝置、電器承裝、太陽光電板架及熱浸鍍鋅加工等。



力鋼工業股份有限公司
LIH KANG INDUSTRIAL CO., LTD



1996通過
國際品質標準
ISO9001認證

總公司：台北市士林區社中街76號

工廠：桃園市平鎮區東勢里19鄰快速路一段246巷158號

Http://www.lihkang.com.tw

TEL：(02)28118101(5線) FAX：(02)28123974

TEL：(03)4503511(7線) FAX：(03)4503518

E-mail：lihkang@ms34.hinet.net